١ وراثة و تربية المحاصيل لتحمل الإجهاد البيئي

الجفاف - الحرارة العالية - التلوث البيئي



أ.د/ حسن عوده عواد

أستاذ المحاصيل و تربية النبات

كلية الزراعة - جامعة الزقازيق

المكتبة المصرية

٣ش أحمد ذو الفقار - لوران الإسكندرية

تليفاكس: ٠٠٢/٠٣/٥٨٤٠٢٩٨

محمول: ٠١٢/٤٦٨٦٠٤٩

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الإجهاد البيئي

الجزء الأول

الجفاف - الحرارة العالية - التلوث البيئي

الدكتور

حسن عوده عواد

أستاذ المحاصيل وتربية النبات - كلية الزراعة

جامعة الزقازيق

٢٠٠٩

المكتبة المصرية

للطباعة والنشر والتوزيع

٣ ش أحمد ذو الفقار - لوران - الإسكندرية

تليفاكس: ٠٠٢/٠٣/٥٨٤٠٢٩٨

محمول: ٠١٢/٤٦٨٦٠٤٩

□ اسم الكتاب: وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الإجهاد البيئي (ج١)

□ اسم المؤلف: حسن عودة عواد

□ اسم الناشر: المكتبة المصرية

٣ ش أحمد ذو الفقار - لوران - الإسكندرية

تليفاكس: ٠٠٢٠٣/٥٨٤٠٢٩٨

□ الطبعة: الطبعة الأولى

□ رقم الإيداع: 2007 / 13058

□ الترقيم الدولي: I. S. B. N. 977 - 411 - 347 - 0

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ قَالُوا سُبْحَانَكَ لا عِلْمَ لَنَا إِلاَّ مَا عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ أَنتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ ﴾.

(سورة البقرة، آية ٣٢)

تقديم

تتعرض نباتات المحاصيل فى عديد من مناطق العالم لظروف الإجهاد المختلفة كالجفاف والحرارة العالية والملوحة وزيادة أو نقص العناصر الغذائية والملوثات البيئية... وغيرها. وتمثل هذه العوامل ما يعرف بإجهادات البيئة غير الحيوية، وتعتبر السبب الرئيسى (71٪) فى إنخفاض المحصول على مستوى العالم **(Boyer, 1982)**.

وهناك وصف مقبول لما تعنيه كلمة إجهاد Stress يقصد به تعرض النبات لضغوط بيئية من شأنها إحداث تغيراً فى الوظائف البيوكيماوية والفسيولوچية، ومن ثم حدوث قصور فى النشاط الحيوى لخلايا النبات، مما يستتبعه إنحراف النبات عن حالة النمو الطبيعية.

ومن المعلوم أن حوالى 70٪ من مساحة سطح الأرض تغطى بالماء المالح، وأن أكثر من نصف المساحة الباقية «اليابسة» غير صالحة للزراعة لعدم توفر مياه الرى أو بسبب التضاريس غير المناسبة، علاوة على المشاكل التى تواجه النصف الآخر من الإصابات المرضية والحشرية. ولقد ذكر بلوم **(1988)** أن ما يقرب من 26٪ من هذه الظروف الصعبة بسبب الجفاف و 20٪ للعناصر الغذائية و 15٪ لظروف البرودة والثلج وأن هناك عوامل أخرى قاسية كالملوحة والحرارة وحموضة التربة... وغيرها.

وتؤدى هذه العوامل إلى الحد من زيادة إنتاجية المحاصيل كماً ونوعاً، الأمر الذى يتطلب ضرورة التعامل مع هذه المشاكل من منظور علمى سليم. حيث تشير الدراسات التى أجرتها منظمة الأغذية والزراعة (FAO) وغيرها من المؤسسات المهتمة بالأمن الغذائى على المستوى العالمى إلى ضرورة زيادة الإنتاج من الغذاء ليس فقط عن طريق إستصلاح الأراضى الجديدة، ولكن بتقليل الفقد الناتج عن الظروف القاسية باستنباط أصناف جديدة ترفع مستوى الإنتاجية وتكون أكثر ملاءمة للظروف البيئية التى تنمو بها، بهدف توفير الغذاء لسد الاحتياجات المتزايدة من أثر الزيادة المستمرة فى تعداد السكان، حيث من المتوقع أن يزيد سكان العالم عن 8 بليون نسمة بحلول عام 2025. الأمر الذى يحتاج بذل مزيد من الجهود لتغطية الاحتياجات المتزايدة من الغذاء، وضرورة توفير غذاء

للعدد الهائل من السكان خلال الخمس والعشرين سنة القادمة، بقدر ما أُنتج فى جميع العصور منذ فجر التاريخ. وقد ألقى عبء هذه المشكلة على عاتق الزراعة والزراعيين قبل أن يواجه العالم بكارثة حقيقية.

وتتمثل الحلول العملية للمساهمة فى حل هذه المشكلة، فى الاستمرار فى إستنباط أصناف من المحاصيل الحقلية ذات قدرة عالية على تحمل ظروف البيئة القاسية، خاصة عند التوسع فى زراعة الأراضى الجديدة أو الهامشية Marginal lands والتى تعانى من مختلف عوامل الاجهاد البيئى غير الحيوى، أو عن طريق التحكم جزئياً فى هذه الظروف باتباع المعاملات والأساليب الزراعية التى تناسب ظروف هذه الأراضى. وتعتبر تربية أصناف مقاومة للاجهاد وقادرة على التكيف والتأقلم مع الظروف البيئية المختلفة من أهم الحلول العملية فى هذا المجال.

ويتناول هذا المؤلف ثلاثة أقسام رئيسية، يشمل القسم الأول: وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الجفاف ويضم ثمانية أبواب، يشمل الباب الأول: ميكانيكية مقاومة النبات للجفاف، والثانى: أسس مقاومة المحاصيل للجفاف، والثالث: الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل للجفاف، والرابع: السلوك الوراثى لتحمل الجفاف والصفات المرتبطة فى المحاصيل الحقلية، والخامس: استراتيجية التربية لتحمل الجفاف والمحصول، والسادس: طرق التربية والاتجاهات الحديثة، والسابع: بعض الاتجاهات المتبعة لتحسين تحمل المحاصيل للجفاف، والثامن: تقييم التراكيب الوراثية لتحمل الجفاف. ويتضمن القسم الثانى، وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الحرارة العالية (الاجهاد الحرارى)، سبعة أبواب، يشمل الباب الأول: طبيعة المقاومة للاجهاد الحرارى، والثانى: أسس تحمل المحاصيل للإجهاد الحرارى، والثالث: الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل للاجهاد الحرارى، والرابع: السلوك الوراثى لتحمل الحرارة العالية والصفات المرتبطة فى المحاصيل الحقلية، والخامس: جهود التربية لتحمل الاجهاد الحرارى، والسادس: العلاقة بين المحصول والاجهاد الحرارى، والسابع: تقييم التراكيب الوراثية لتحمل الاجهاد الحرارى. ويتضمن القسم الثالث: وراثة وتربية المحاصيل لتحمل التلوث البيئى، سبعة أبواب، يشمل الباب الأول: تحمل ملوثات الهواء، والثانى: تحمل التلوث بالعناصر الثقيلة، والثالث: الأساس

الفسيولوجى والكيموحيوى لتحمل الملوثات البيئية، والرابع الاختلافات الصنفية فى تحمل الملوثات البيئية، والخامس: السلوك الوراثى لتحمل الملوثات البيئية فى بعض المحاصيل، والسادس: جهود التربية لتحمل الملوثات البيئية، والسابع طرق تقييم تحمل التراكيب الوراثية للملوثات البيئية.

وقد أُعد هذا الكتاب فى وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الإجهاد البيئى لاضفاء مزيد من المعلومات للقارئ ومساعدة طلاب كلية الزراعة بالجامعات وكذلك طلاب الدراسات العليا ومربو النباتات فى محطات التربية ومراكز البحوث الزراعية الذين يقومون بعمل برامج لتربية وإستنباط أصناف جديدة من المحاصيل الحقلية مقاومة لظروف البيئة القاسية. حيث إعتمد إعداد هذا المؤلف على العديد من المراجع العلمية.

والله ولى التوفيق،،،

أ.د. حسن عوده عواد

محتويات الكتاب

الموضـــوع | الصفحة

القسم الأول
وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الجفاف

القسم الثاني

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الحرارة العالية (الاجهاد الحراري)

القسم الثالث

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل التلوث البيئي

القسم الأول
وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الجفاف
Genetics and Breeding Crops for Drought Tolerance

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ .. وترى الأرض هامدة فإذا أنزلنا عليها الماء اهتزت وربت وأنبتت من كل زوج بهيج ﴾.

(سورة الحج، آية ٥)

القسم الأول

وراثـــة وتربيـــة المحاصيـــل لتحمـــل الجفـــاف

Genetics and Breeding Crops for Drought Tolerance

مقدمة:

تعتبر ظاهرة الجفاف من الظواهر شائعة الحدوث في المناطق الجافة وشبه الجافة، والتي تشكل نحو 26٪ من مساحة اليابسة القابلة للزراعة، حيث يعتبر الماء العامل الرئيسي المحدد للإنتاج المحصولي (Gupta, 1997).

وتعتبر مصر من المناطق الجافة التي يقل معدل سقوط الأمطار فيها كثيراً، حيث يبلغ 133م في السنة في المناطق الساحلية، وينخفض إلى النصف في الدلتا وإلى الربع في مصر الوسطى وينعدم تقريباً في مصر العليا.

ويعتبر الحل البديل لإمكان زراعة الأراضي المتأثرة بالجفاف، هو تربية أصناف من المحاصيل قادرة على النمو والتطور وإنتاج مستويات محصول مرضية تحت ظروف نقص الماء. ويعد هذا الهدف واحداً من الاستراتيجيات الهامة لمربي النبات في برامج التربية لتلبية إحتياجات الإنسان المتزايدة من الغذاء والكساء والتغلب على المجاعات التي يعاني منها ملايين البشر في مناطق كثيرة من العالم. فتقدر الخسائر الناجمة عن التعرض لظروف الجفاف بمئات الملايين من الدولارات نتيجة التأثير المباشر على كمية المحصول أو بالتأثيرات الأخرى غير المباشرة على الأرض نتيجة تغير حالتها الطبيعية أو الفيزيقية بعد حدوث الجفاف.

وتجدر الإشارة، إلى أن موقف مربي النبات بالنسبة للمقاومة للجفاف، هو نفس الموقف الذي يواجهه عند التربية لمقاومة الأمراض والحشرات.. فوجود المناعة البيولوجية في النبات تكاد تكون مستحيلة. إذ من المستحيل التربية للمناعة في حالات.. الجفاف والأمراض والحشرات، ولكن ينحصر دور المربي في الحصول على تراكيب وراثية تتميز بمستويات عالية من المقاومة High levels of resistance، ولو أنه يكون قانعاً بالحصول على مستويات مرضية من التحمل. ويعد هذا أمراً ممكناً في المحاصيل الحقلية.

فمن وجهة نظر التربية، فإن الأمل موجود أمام إمكانية إنتاج أصناف أو هجن أكثر تحملاً لظروف الجفاف.

مفهوم الجفاف وتأثيره على نباتات المحاصيل:

يقصد بالجفاف Drought، تعرض النبات لظروف نقص الماء إلى الحد الذى يكون فيه مقدار الماء الممتص عن طريق الجذور أقل من المفقود عن طريق النتح. وعلى ذلك، فهو الحالة التى يكون فيها الجهد المائى للنبات وإمتلاء الخلايا منخفض إلى درجة تؤثر على سير العمليات الحيوية والفسيولوجية، مما يستتبعه نقص معدل إنتاج المادة الجافة وتجزئتها فى صورة محصول إقتصادى. ويرجع الجفاف إلى نقص رطوبة التربة أو إلى عدم قدرة النبات على الحصول على احتياجاته من الماء. وعموماً يمكن حصر التأثيرات الضارة للجفاف على نباتات المحاصيل فى النقاط الآتية :

1- التأثير السلبى على نمو وتطور النباتات من خلال التأثير على فسيولوجيا النبات من الإنبات وحتى تمام النضج.

2- إحداث ضرر للكلوروبلاست وفقد بروتين الكلوروفيل والتأثير على نشاط التمثيل الضوئى نتيجة زيادة معدل التنفس عن معدل التمثيل الضوئى.

3- إبيضاض الأوراق Bleaching إلى جانب نقص عدد ومساحة الأوراق الخضراء والتفافها واحتراق قممها وحوافها، ومن ثم نقص كفاءة التمثيل الضوئى.

4- لفحة النورات وتساقط الأزهار ونقص حجم التراكيب الزهرية ونقص إمتلاء الحبوب.

5 - الشيخوخة المبكرة (النضج المبتسر) للأوراق والسيقان وإنخفاض أحجام الحبوب بسبب عدم كفاية المواد الممثلة الميسرة لاكتمال عملية الامتلاء وهو الحال عند قاعدة النورات فى محصول مثل الذرة الرفيعة.

6 - إنخفاض نشاط الانزيمات المتحكمة فى مسارات التخليق الحيوى لأيض الكربوهيدرات والبروتين والدهون.

7- تراكم بعض المواد الاسموزية مثل البرولين والجلايسين بيتاين والبنيتول وبعض السكريات مثل الفركتوز.

8- زيادة محتوى النبات من حمض الابسيسيك والايثيلين فى عديد من المحاصيل مثل القمح والشعير والقطن وغيرها.

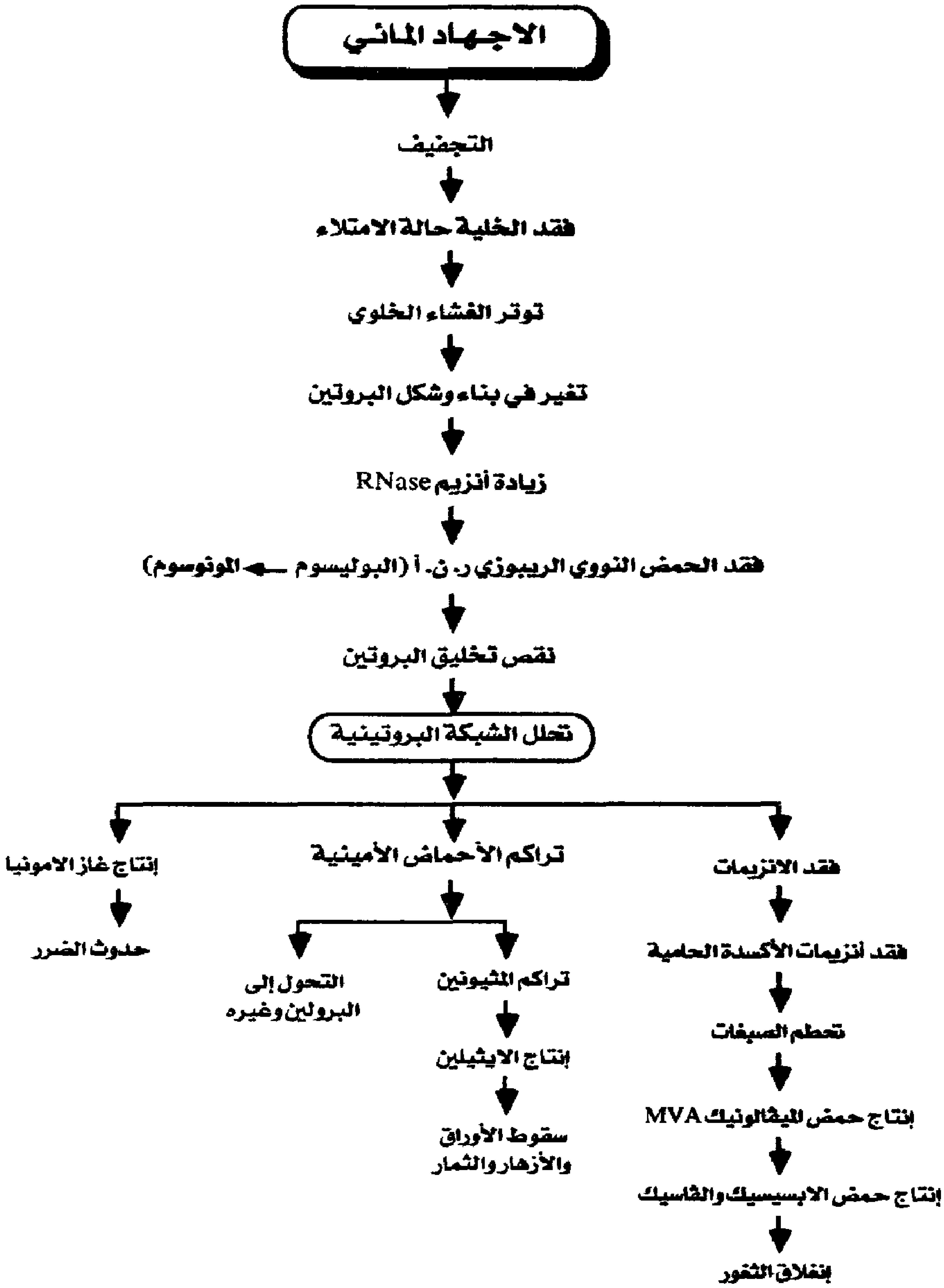
9- إضطراب عملية الفسفرة الضوئية وإنتقال الالكترونات فى تفاعلات الضوء ونقص مركبات الطاقة ADP و ATP.

10- تثبيط نشاط الحمض النووى الريبوزى - الرسول mRNA ووقف تخليق البروتين وزيادة معدل هدم الحمض النووى الريبوزى ر. ن. أ والحمض النووى الديوكسى الريبوزى د. ن. أ.

11- حدوث تغيرات وراثية وطفور فى التركيب الوراثى للنبات مع شدة الاجهاد الرطوبى.

12- حدوث نقص فى معدلات تمثيل وإنتقال العناصر الغذائية ومن ثم نقص معنوى فى المحصول ومكوناته والتأثير على صفات الجودة.

ويوضح شكل (1-1) التأثيرات المختلفة للاجهاد المائى على حالة النبات.



شكل (1-1) العلاقة بين الاجهاد المائي المؤدي إلى الجفاف والأضرار غير المباشرة الناتجة على النبات

وتتوقف حدة الجفاف وتأثيره على النبات على كمية الأمطار ونظام توزيعها.. فعند هطول كمية كافية من مياه الأمطار موزعة خلال موسم النمو، يكون تأثير الجفاف محدوداً، فيؤدى تيسر المحتوى الرطوبى للتربة بقدر متوازن لفترة كافية خلال مراحل نمو النبات إلى تحسين مستويات المحصول. ويمكن القول، أن أى سنتيمتر إضافى من الماء

الأرضى الميسر عن المطلوب للمحافظة على حياة النبات Plant maintenance، يمكن أن يزيد محصول الذرة الشامية مثلاً بمقدار 18 - 44 كجم/ هكتار، وفول الصويا بـ 11 - 20 كجم/ هكتار ومحصول القطن الشعر بـ 2 - 4 كجم/ هكتار. ومن ثم فإن مقدار التحسين المطلوب فى كفاءة إستخدام الماء ليس بالضرورة أن يكون كبيراً لتحقيق تأثير جوهرى على إنتاجية الصنف المحصولى (عن: Quizenberry, 1982).

أما فى حالة عدم تيسر الماء بالقدر الكافى للنبات، فإن الوسيلة البديلة هى إنتاج أصناف أو هجن تتحمل الجفاف، ذات كفاءة فى توظيف ماء النتح فى عملية التمثيل الضوئى، تعطى مستويات محصول مرضية تحت هذه الظروف، مع إتباع بعض العمليات الزراعية التى من شأنها زيادة تيسر رطوبة التربة المخزنة وتحسين نمو النبات.

ولقد أثمر التعاون بين مربى النبات وعلماء الوراثة وفسيولوچيا النبات وعلوم الأراضى والمحاصيل عن الكثير من الأصناف التى جمعت بين تحمل الجفاف والصفات الزراعية المرغوبة.

أهمية التنسيق بين مربي النبات والمتخصصين في مجالات العلوم الأخرى ذات الصلة:

Co-ordination between plant breeder and other scientists of related sciences:

يتوقف نجاح مربى النبات فى إستنباط صنف محصولى جديد مرغوب الصفات على المامه الكامل بالمحصول الذى يقوم بتحسينه والتنسيق القائم بينه وبين المتخصصين فى مجالات العلوم المرتبطة التى تسهم فى الحصول على تركيب وراثى مثالى. فعلى سبيل المثال، يعتبر تعاون مربى النبات مع المتخصصين فى مجال الوراثة والهندسة الوراثية ذو أهمية فى تبيان الخصائص الوراثية وفهم طبيعة توارث وتحديد مواقع الچينات المتحكمة فى الصفات المرتبطة بمقاومة الجفاف وطرق نقلها... إذ أن هناك مخزون هائل من المعلومات الوراثية فى عشائر المحاصيل يمكن تطويعها من خلال برامج التربية التقليدية أو باساليب التقنية الحيوية لتصبح أكثر مواءمة مع ظروف البيئات الجافة.

ويفيد التعاون بين مربى النبات والمتخصصين فى مجال فسيولوچيا النبات فى تقديم المعلومات المتعلقة بالعمليات الكيموحيوية والفسيولوچية والتغيرات الانزيمية وميكانيكية عمل النبات تحت ظروف الاجهاد. وكذا طرق تقدير الصفات النباتية المختلفة المرتبطة بتحمل الجفاف.

وتظهر أهمية التعاون مع المتخصصين فى مجال علوم الأراضى، لعمل حصر شامل لخواص الأراضى فى المنطقة، وتحديد قوام وبناء التربة ودراسة مستوى الماء الأرضى وتحديد الحدود المناسبة لمحتوى الماء فى التربة والسعة الحقلية ومعامل الذبول. وكذا تحليل العوامل الأرضية والجوية وربطها مع فترات نمو المحصول.

ويرتكز أهتمام علماء المحاصيل، على زيادة إنتاجية الصنف المحصولى تحت ظروف الجفاف، والاهتمام بالعمليات الزراعية، وأختيار أنسب الأصناف، مع برامج التسميد والرى التكميلى بهدف المحافظة على أعداد النباتات الحية Survival وتحسين النمو والإنتاجية تحت هذه الظروف القاسية.

ويأتى دور مربى النبات فى اختيار أنسب المصادر الوراثية الداخلة كآباء فى برامج التربية والحاملة للصفات الوراثية المرتبطة بتحمل الجفاف سواء أكانت صفات فينولوچية أو مورفولوچية خاصة بالمجموع الخضرى أو المجموع الجذرى أو خصائص كيموحيوية أو فسيولوچية، تُمكن النبات من تحمل ظروف الشد الرطوبى ودراسة السلوك الوراثى لها. هذا إلى جانب إختيار طرق التربية وعمليات التقييم المناسبة للوصول إلى أصناف أكثر تحملاً لظروف الجفاف.

المراحل الحرجة لتأثير الجفاف على نباتات المحاصيل :

Critical periodes of moisture stress on crop plnts

يمر نبات المحصول بفترات حرجة لعناصر النمو المختلفة، يتوقف فيها تأثير الإجهاد الرطوبى على كمية المحصول على طور النمو الذى يحدث فيه الاجهاد. وتعرف الفترات الحرجة، بأنها تلك المراحل التى إذا ما عانى النبات فيها من إجهاد رطوبة التربة

Soil moisture stress ينخفض المحصول إنخفاضاً معنوياً إحصائياً. وفيما يلى المراحل الحرجة لتأثير الاجهاد الرطوبى على بعض نباتات المحاصيل الحقلية (جدول 1 - 1).

جدول (1 - 1): مراحل النمو الحساسة للإجهاد الرطوبي في بعض المحاصيل الحقلية

المحصول	مرحلة النمو الحساسة
أولاً: محاصيل الحبوب:	
القمح	التفريع والتزهير
الشعير	النمو الخضرى والتزهير
الشوفان	الطرد والتزهير
الراى	التزهير وبداية ملئ الحبوب
الذرة الشامية	الفترة من استطالة السيقان إلى التزهير وملئ الحبوب
الدخن	الطرد والتزهير
الأرز	الطرد والتزهير
الذرة الرفيعة	التزهير
ثانياً: المحاصيل البقولية:	
فول الصويا	التزهير وتكوين القرون وإمتلاء البذرة
الفول البلدى	التزهير وتكوين القرون وإمتلاء البذرة
الفول السودانى	التزهير وتكوين القرون وإمتلاء البذرة
ثالثاً: محاصيل الألياف والزيت والعلف:	
القطن	قبل وأثناء التزهير ومرحلة تكوين اللوزة
الكتان	لغرض الألياف: مرحلة النمو الخضرى
	لغرض البذرة: خلال وبعد التزهير
القرطم	مرحلة التزهير والنضج
دوار الشمس	الفترة بين تكوين أزهار النوره وحتى نضج البذور
البرسيم الحجازى	لغرض البذرة: فترة التزهير
رابعاً: المحاصيل السكرية:	
بنجر السكر والعلف	لغرض الجذور: لا توجد مؤشرات
	لغرض البذرة: خلال مرحلة التزهير

(عن: Salter and Goode, 1967 and Gupta. 1997)

والسؤال الآن متي يتم الري ؟

تروى جميع المحاصيل عند أقل من -1 بار رغم أن الماء الميسر يستمر حتى - 15 بار عند نقطة الذبول، وعلى سبيل المثال :

يروى القمح عند - 0.6 بار للحصول على أعلى محصول.

يروى الذرة عند - 0.8 بار للحصول على أعلى محصول.

يروى القطن عند -1 بار للحصول على أعلى محصول.

تروى محاصيل الخضر عند - 0.55 بار للحصول على أعلى محصول.

الباب الأول

كيف تقاوم النباتات ظروف الجفاف

« ميكانيكية مقاومة النبات للجفاف »

الباب الأول

كيف تقاوم النباتات ظروف الجفاف

« ميكانيكية مقاومة النبات للجفاف »

Plant mechanisms for drought resistance

لقد حبا الله سبحانه وتعالى النبات بعديد من الصفات والإمكانات الوراثية التى تساعده على النمو وتجعله أقدر على تحمل ظروف نقص الماء. ويروق لنا فى هذا المجال التعرض إلى الميكانيكيات المسئولة عن أقلمة النبات لظروف الجفاف والتى أمكن تقسيمها طبقاً لـ **Turner (1979)** إلى الأقسام الآتية كما هو موضح بشكل (1 -2) :

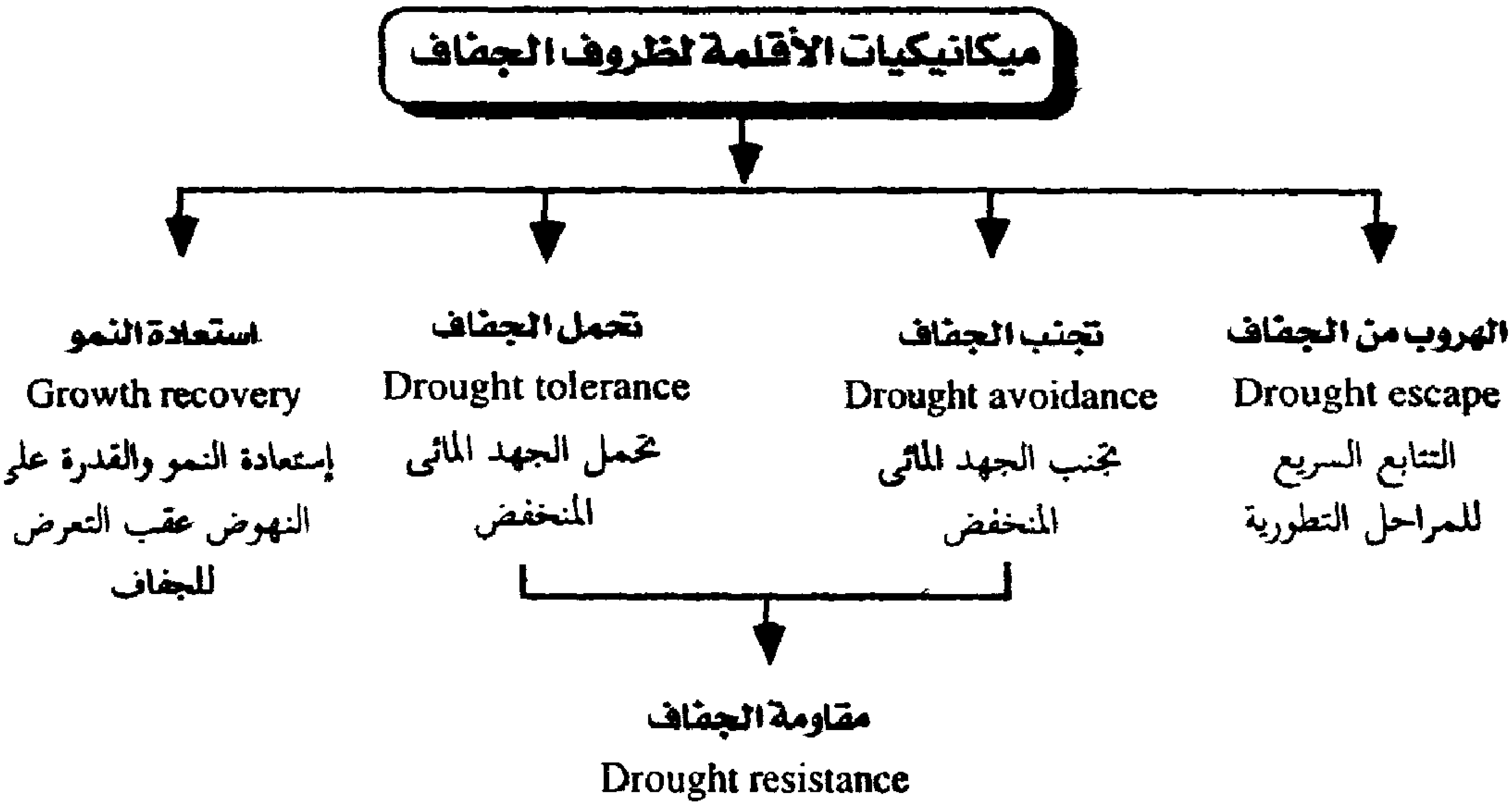
1- الهروب من الجفاف Drought escape.

2- تجنب الجفاف Drought avoidance.

3- تحمل الجفاف Drought tolerance.

4- مقاومة الجفاف Drought resistance.

5- إستعادة النمو Growth recovery : حيث أضافت بعض المراجع العلمية هذه القدرة إلى ميكانيكية الأقلمة **(Levitt, 1980)**.



شكل (1-2): يوضح الميكانيكيات المسئولة عن أقلمة أصناف المحاصيل لظروف الجفاف

أولاً: الهروب من الجفاف Drought escape

تلعب ميكانيكية الهروب دوراً هاماً فى أقلمة بعض المحاصيل الحقلية مع ظروف الجفاف، فأبسط وأسهل الطرق للقدرة على الحياة تحت ظروف الجفاف، هو الهروب من الجفاف. ولما كان الجفاف يحدث أكثر ما يحدث فى وسط أو فى آخر الموسم، فإن قدرة النبات على إستكمال دورة حياته قبل حدوث الجفاف، تمكنه من البقاء والمحافظة على النوع. وتلعب المرونة التطورية وقدرة النبات على تنظيم مراحل النمو خلال الفترة المتبقية من الموسم دوراً هاماً فى الهروب من تأثيرات الجفاف. وتعتبر صفات سرعة الإنبات ونمو البادرات والحساسية للفترة الضوئية والتبكير فى النضج من أهم الصفات التى تساعد على الهروب من تأثيرات الجفاف.

ويعتبر الهروب من الجفاف من الظواهر شائعة الحدوث فى النباتات النامية فى المناطق الصحراوية، حيث تكمل النباتات دورة حياتها خلال فترة قصيرة تتراوح بين 4- 6 أسابيع.

وتستطيع عديد من المحاصيل الحقلية أن تهرب «تفلت» من ظروف الجفاف بالدخول فى مرحلة النمو الخضرى ذات العلاقة القوية بالمحصول Link to yield خلال فترات توفر الرطوبة الأرضية وعقب سقوط الأمطار. حيث تتمكن من تجميع كمية من المادة الجافة فى الحبوب خلال فترة إمتلاء قصيرة نسبياً كما فى محاصيل القمح والشعير والذرة الرفيعة والذرة الشامية والأرز، متجنبةً بذلك أثر الإجهاد الرطوبى المتأخر Terminal moisture stress (Awaad, 2001)، ويفضل الانتخاب لمثل هذا النوع من الأقلمة فى المناطق التى تعتمد على مياه الأمطار.

ثانياً: تجنب الجفاف Drought avoidance

يقصد بتجنب الجفاف قدرة النبات على المحافظة على التوازن الداخلى للماء بصورة تخدم النبات وتساعده على النمو الطبيعى تحت ظروف الإجهاد الرطوبى، حيث يتجنب أو يتحاشى النبات ظروف إجهاد الجفاف عند توقف سقوط المطر أثناء النمو. وتتوقف قدرة النبات على الإستمرار فى النمو تحت هذه الظروف على تمتعه بسمات تساعده

على تجنب نقص الماء عن طريق تخزين الماء وزيادة مقاومته لفقده لإعادة إستخدامه وقت إحتياجه، خصوصاً عندما يكون محتوى التربة من الماء محدوداً. ويسمح تجنب الجفاف بفترة نمو أطول للمحصول عن طريق خفض إستهلاك الماء أو بزيادة كمية الماء الممتص... بينما ينخفض معدل التمثيل الضوئى ويقل نمو الأجزاء الهوائية ويزيد حجم المجموع الجذرى.

وتظهر أهمية تجنب الجفاف فى محاصيل الحبوب فى مرحلة النمو الخضرى، بينما تظهر أهمية تحمل الجفاف فى مرحلة النمو الثمرى.. وتعتمد ميكانيكية تجنب الجفاف على عاملين أساسيين هما :

العامل الأول: خفض كمية الماء المفقود بالنتح من خلال الخصائص الآتية:

أ – سمات الجهاز الثغرى مثل شكل وحجم ووضع الثغور على الأوراق إلى جانب المقاومة الثغرية.

ب– وجود طبقة الاديم الشمعى.

جـ– نقص المساحة الورقية.

د – خفض إمتصاص الأشعة.

والعامل الثاني: المحافظة على إمتصاص الماء خلال فترات الجفاف.. ويتم ذلك عن طريق:

أ – زيادة عمق وكثافة الجذور.

ب– زيادة درجة التوصيل المائى.

ولذا يعتبر تجنب الجفاف أكثر أهمية من تحمل الجفاف. وتوضع أغلب النباتات المقاومة للجفاف تحت قسم التجنب. وتقع صفات تجنب الجفاف تحت نظام التحكم الوراثى.

ثالثاً: تحمل الجفاف Drought tolerance

يقصد بتحمل الجفاف، قدرة النبات على تحمل إنخفاض المحتوى المائى بالأنسجة تحت ظروف تناقص المحتوى الرطوبى للتربة وعدم توفر الامداد الكافى من الماء. وفى هذه

الحالة، يعانى النبات فعلاً من إجهاد مائى داخلى Internal water stress (قدرة مائية منخفضة للأنسجة) إلا أن النبات له القدرة على تحمل ظروف الجفاف عن طريق عاملين رئيسيين هما :

العامل الأول: المحافظة على الضغط الجدارى Turgor pressure : من خلال ضبط الاسموزية وزيادة مرونة جدر الخلايا ومقاومة إنكماشها.

والعامل الثاني: تحمل سحب الماء (التجفيف) Dehydration : من خلال تحمل البروتوبلازم وتراكم البرولين وخواص جدار الخلية

ويعد تحمل الجفاف من الميكانيكيات ذات الأهمية فى محاصيل الحقل بصفة عامة والحبوب بصفة خاصة لاسيما فى مرحلة النمو الثمرى.. فتتميز أصناف الذرة الرفيعة والقمح والشعير عالية التحمل للجفاف بزيادة تراكم البرولين والكربوهيدرات غير التركيبية والضبط الاسموزى العالى، ومن ثم المحافظة على نشاط التمثيل الضوئى بمعدل أعلى من السلالات الأقل تحملاً للجفاف. وتحمل الجفاف مصطلح شائع التكرار فى المراجع العلمية. ويختلف تجنب الجفاف عن تحمل الجفاف كما يوضحه جدول (1 - 2) فى النقاط الآتية :

جدول (1 - 2): الفروق بين تجنب الجفاف وتحمل الجفاف في نباتات المحاصيل

التجنب Avoidance	التحمل Tolerance
1- تحافظ النباتات على كمية مياه مناسبة فى أنسجتها.	1- لا تحافظ.
2- يقل معدل التمثيل الضوئى ويزيد نمو وإنتشار المجموع الجذرى.	2- تتميز التراكيب الوراثية المتحملة بمعدل إنبات عالى ونمو بادرات جيد ولا يتأثر معدل التمثيل الضوئى.
3- يظهر فعلها فى محاصيل الحبوب فى مرحلة النمو الخضرى.	3- تكون فعالة فى محاصيل الحبوب فى مرحلة النمو الثمرى..
4- لا تستطيع النباتات المعيشة تحت ظروف إنخفاض محتوى الأنسجة من الماء.	4- تستطيع النباتات النمو تحت ظروف إنخفاض محتوى الأنسجة من الماء.
5- تتضمن تغيرات مورفولوچية وتشريحية تساعد على تقليل الفقد فى كمية مياه النتح.	5- تتضمن صفات تساعد النبات على زيادة معدل التمثيل الضوئى تحت ظروف الجفاف.

رابعاً: مقاومة الجفاف Drought resistance

يقصد بالمقاومة للجفاف، قدرة نبات المحصول على النمو والتطور والتكاثر بصورة طبيعية تحت ظروف نقص رطوبة التربة. وهناك وصف مقبول لما يعنيه مصطلح مقاومة الجفاف، بقدرة النبات على البقاء حياً دون ضرر وإعطاء محصول جيد تحت ظروف تناقص محتوى رطوبة التربة.

ومن وجهة نظر مربى النبات، يرتبط مصطلح المقاومة للجفاف بالشد الداخلى ويستعمل أحياناً ليدل على قدرة الصنف على إعطاء إنتاجية أكثر عند مستوى معين من الرطوبة الأرضية، مقارنة بالأصناف الأخرى. ويذهب البعض إلى وصف الصنف المقاوم للجفاف خينما يختوى على كمية كبيرة من الماء عند تعرضه لظروف التربة ذات المستوى الأقل من الماء. ويرتبط مفهوم المقاومة للجفاف من وجهة نظر المشتغلين

بالمحاصيل بمقدار الحيوية أى بنسبة النباتات الحية Survival plants. ففى محاصيل الحبوب، يعتبر مقدار ما ينتجه النبات من بذور حية قادرة على الانبات، مقياس للقدرة على الحياة. لذا يعتبر المحصول هو المعيار الحقيقى فى برامج تقييم الأصناف للمقاومة للجفاف. بمعنى أنه لا يمكن التربية للمقاومة للجفاف وحدها، بل يجب أن يعطى الصنف مستوى مرضى من المحصول مع الأقلمة للظروف البيئية السائدة كالجفاف والحرارة والملوحة والفترة الضوئية ومقاومة الأمراض والحشرات والاستجابة للمعاملات الزراعية. وهنا تمثل الاختلافات الوراثية بين الأصناف أهمية أكثر عن الاختلافات الموجودة بين الأنواع.

ويعتبر كل من التجنب والتحمل من المظاهر الهامة فى مقاومة أصناف القمح الشتوى للجفاف. ولذا يميل بعض الباحثين إلى إستعمال مصطلح المقاومة للجفاف ليشمل به حالتى تجنب وتحمل الجفاف.

وعموماً تقاس المقاومة للجفاف بالصفات المرتبطة بالتجنب والتحمل، مثل نسبة الإنبات، ونمو البادرات، وصفات الورقة، ومظهر الجهاز الثغرى والضبط الاسموزى.. إلى جانب المحصول تحت ظروف الإجهاد الرطوبى.

خامساً: إستعادة النمو Growth recovery

يعتبر إستعادة النمو طراز آخر من ميكانيكية الأقلمة لظروف الإجهاد الرطوبى ويقصد به قدرة التركيب الوراثى على إستعادة النمو النشط بعد التعرض لظروف نقص الماء، عند تحسن الظروف البيئية وسقوط المطر. وتعتبر القدرة على إستعادة النمو من العوامل التى تمكن النبات من إستكمال دورة حياته، وتعد هدفاً أساسياً فى برامج تطوير وتحسين أقلمة الأصناف لظروف البيئة القاسية.

ففى الأرز، وجد أن القدرة العالية على إستعادة النمو ترتبط مظهرياً مع قوة نمو البادرات والقدرة على التفريع وخصائص المجموع الجذرى وتراكم البرولين ومحتوى السكر الحر ونشاط أنزيم الالفا أميليز. وحددت القدرة على إستعادة النمو كأحد المؤشرات الهامة فى غربلة التراكيب الوراثية تحت ظروف الإجهاد (Pandey and Agarwal, 2003).

وفى الذرة الرفيعة، لعب تراكم البرولين دوراً هاماً فى ضبط إسموزية الخلايا والامداد بالطاقة اللازمة لاستعادة نشاط الأنسجة. وفى الذرة الشامية، أرتبطت قدرة البادرات على إستعادة النمو بعد الإجهاد بالتباين الوراثى السيادى حيث كانت القدرة الخاصة على الائتلاف أكثر أهمية من القدرة العامة - **(Clarke and Townley Smith, 1986)**.

وعموماً، يؤدى التهجين والإنتخاب فى الأجيال الانعزالية إلى تقدم ملحوظ فى الجمع فى صنف واحد بمستويات معقولة للصفات التى تسهم فى الأقلمة مع ظروف الجفاف.

الباب الثاني

أسس مقاومة المحاصيل للجفاف

(الصفات النباتية والمعايير الإنتخابية)

الباب الثاني

أســس مقاومة الـمـحـاصيـل للجـفــاف

Fundamentals of crop resistance to drought

(الصفات النباتية والمعايير الإنتخابية)

Plant characters and selection criteria

لقـد بذلت محـاولات عـديدة لمعـرفـة مـختلف صـفـات النبـات الفـينولوچيـة والمورفوفسيولوچية والكيموحيوية، التي تمثل وسائل حماية وخطوط دفاع، وتعتبر معاييراً إنتخابية لمقاومة/ أو تحمل المحاصيل الحقلية لظروف الجفاف، لاسيما عند إرتفاع معامل التوريث والتحسين الوراثى المتوقع وإرتباط الصفة القوى مع تحمل الجفاف.

وبوجه عام يمكن القول، بإن مقاومة الجفاف عن طريق ميكانيكية الهروب تمثل خط الدفاع الأول من وجهة نظر مربى النبات. فإذا ما تعرض النبات لظروف الجفاف، فإن القـدرة على تجنب الإجـهـاد الداخلى Internal stress سوف تساعد على تقليل كمية الفاقد فى المحصول، وإذا ما استهلك النبات كل كمية الرطوبة الأرضية الميسرة، فيجب أن يتميز بالقدرة على تحمل الشد الداخلى للماء من الأنسجة النباتية.

وأخيراً يختلف الجفاف فى مدة حدوثه، لذا تعتبر قدرة النبات على إستعادة وإستئناف النمو النشط عقب سقوط الأمطار خلال الفترة المتبقية من موسم النمو من الخصائص المفيدة فى هذه الحالة.

وقد اقترح **Sullivan** (**1971**) و (**1972**) ثلاث معايير يمكن إستخدامها لتقييم مقاومة النباتات للجفاف، **المعيار الأول:** قدرة النبات على المحافظة على الجهد المائى العالى للورقة من خلال صفات المجموع الجذرى التى تساعد فى المحافظة على إمداد الجزء الهوائى من النبات بالماء بشكل متوازن. **المعيار الثاني:** إستجابة الثغر وقدرته على التحكم فى فقد الماء من خلال الانغلاق النسبى، فإذا كان الجهد المائى للورقة عالياً نسبياً، زادت

قدرة النبات على الاحتفاظ بالماء وزادت مقاومته لفقده، **والمعيار الثالث** تمتع النبات بمستوى عالى من التحمل للجفاف.

ولذا ينبغى لنا فى هذا المقام الوقوف على مختلف الصفات النباتية ذات العلاقة ومقاومة الجفاف والتى يمكن تقسيمها إلى المجاميع الرئيسية الآتية:

أولاً: الصفات الفينولوچية Phenological characters.

ثانياً: الصفات المورفولوچية Morphological characters.

ثالثاً: الصفات الفسيولوچية Physiological characters.

رابعاً: الصفات الكيموحيوية Biochemical characters.

أولاً: الصفات الفينولوچية Phenological characters

1- التبكير في النضج Earliness of maturity

إن أغلب التقدم الملموس فى زيادة إنتاجية معظم محاصيل الحقل تحت ظروف نقص المحتوى الرطوبى، أمكن تحقيقه من خلال التبكير فى النضج. فبوجه عام يؤدى التبكير فى النضج إلى الهروب من تأثيرات الجفاف المتأخر. ولا يعتبر ذلك مقاومة حقيقية، بل يعتبر إفلاتاً من ظروف الجفاف. إذ تحقق الطرز الوراثية مبكرة التزهير من القمح ميزة حقيقية من خلال قدرتها على الاستفادة من الماء الميسر خلال فترة التزهير فى تحسين محصول الحبوب تحت ظروف البيئات قليلة الأمطار **(Fernanda - Dreccer *et al.*, 2002)**.

ويفيد التبكير فى النضج فى زيادة أو تحسين إنتاجية المحاصيل الزراعية عند تناقص رطوبة التربة، حيث يجعل النبات أكثر تحملاً لظروف الجفاف، وإن تعرض لها. فعلى سبيل المثال، وجد فى القمح علاقة إرتباط سالبة ومعنوية بين كمية محصول الحبوب والتأخير فى النضج تحت الظروف غير الملائمة، وأمكن إرجاع 40 - 90٪ من الاختلافات بين السلالات فى محصول الحبوب تحت ظروف الجفاف إلى مدى التبكير فى النضج. وأن أى تبكير فى النضج ولو بمقدار يوم واحد فى القمح الشتوى صاحبه

ميزة محصولية قدرها 54 - 120 كجم/ هكتار للأصناف الأبكر من الصنف Kharkof، إلـى جانب الهـروب من حـرارة الصيـف والإصـابة بأمراض الاصـداء والحشرات (عن **Quizenberry, 1982**).

وينجح الانتخاب للتبكير فى النضج فى تحمل النباتات للجفاف فى البيئات التى تتعرض للجفاف فى مراحل النمو المتأخرة (Terminal drought). وقد أكد **Siddique وآخرون (1990)** تحسن كفاءة إستخدام الماء لإنتاج محصول الحبوب فى أصناف القمح الحديثة، وسجلت التراكيب الوراثية مبكرة التزهير أعلى قيم فى كفاءة إستخدام الماء فى المواسم المطرية وغلت أكثر من 300 جم/ م^2 حينما كانت كمية المطر الساقطة أقل من 300م. ولذا يمثل التبكير فى النضج أهمية خاصة تحت ظروف المناطق التى تقل فيها كميات الأمطار (**Blum and Pnuel, 1990**).

وفى الذرة الشامية، حددت صفات التبكير متمثلةً فى عدد الأيام حتى ظهور 50٪ من النورات المذكرة، وعدد الأيام حتى ظهور 50٪ من الحراير وقصر الفترة بين إنتشار حبوب اللقاح وتكشف الحريرة ودليل الأخصاب كمؤشرات لتحمل الجفاف فى سلالات وهجن الذرة الشامية (**Bhat *et al*, 2003 and Singh and Rao, 2003**).

وفى العدس، سُجل ارتباط وراثى سالب ومعنوى بين عدد الأيام من الزراعة حتى التزهير وكل من؛ تحمل الجفاف والمحصول ومتوسط الإنتاجية تحت ظروف الجفاف، فى حين لم تتضح هذه العلاقة تحت ظروف الرى العادى، فى دلالة على أن التبكير فى النضج يساعد على تحسن المحصول من خلال الهروب الجزئى من الجفاف (**Wery *et al*, 1994 and Bayoumi, 2003**).

وقد أدى التبكير فى النضج، فى بعض مناطق زراعة القطن إلى تحسن فى المحصول فى حالة ندرة سقوط أمطار خلال موسم النمو، حيث يجبر الصنف على إعطاء محصوله معتمداً فى ذلك على الرطوبة الأرضية المخزنة، إلا أن هذه العلاقة تتغير (تنعكس) عند سقوط كميات مناسبة من المطر خلال موسم النمو (**Quizenberry & Roark, 1976**) ويعكس ذلك علاقة الارتباط الموجب بين المحصول والنضج المبكر التى ظهرت عند توفر الإمداد المائى.

وعلى ذلك، يعتبر التبكير من الصفات الفينولوچية الهامة التى قد تستخدم فى غربلة Screening وإنتخاب Selection المواد الوراثية فى برامج التربية لتحمل الجفاف (Cseuz & Erdei, 1996). إلا أنه يجب الحذر عند الاعتماد على التبكير فى النضج بهدف الانتخاب لزيادة المحصول فى ظروف الجفاف.. فهذه الصفة قد لا تفيد كثيراً إلا عند إعتماد الزراعة على مخزون من المحتوى الرطوبى فى التربة. أما فى المواسم كثيرة الأمطار أو عند الاعتماد على الرى فى إنتاج المحصول، فإن الأصناف المبكرة قد تغل محصولاً أقل من نظيرتها متوسطة النضج أو المتأخرة.

ثانياً: الصفات المورفولوچية Morphological characters

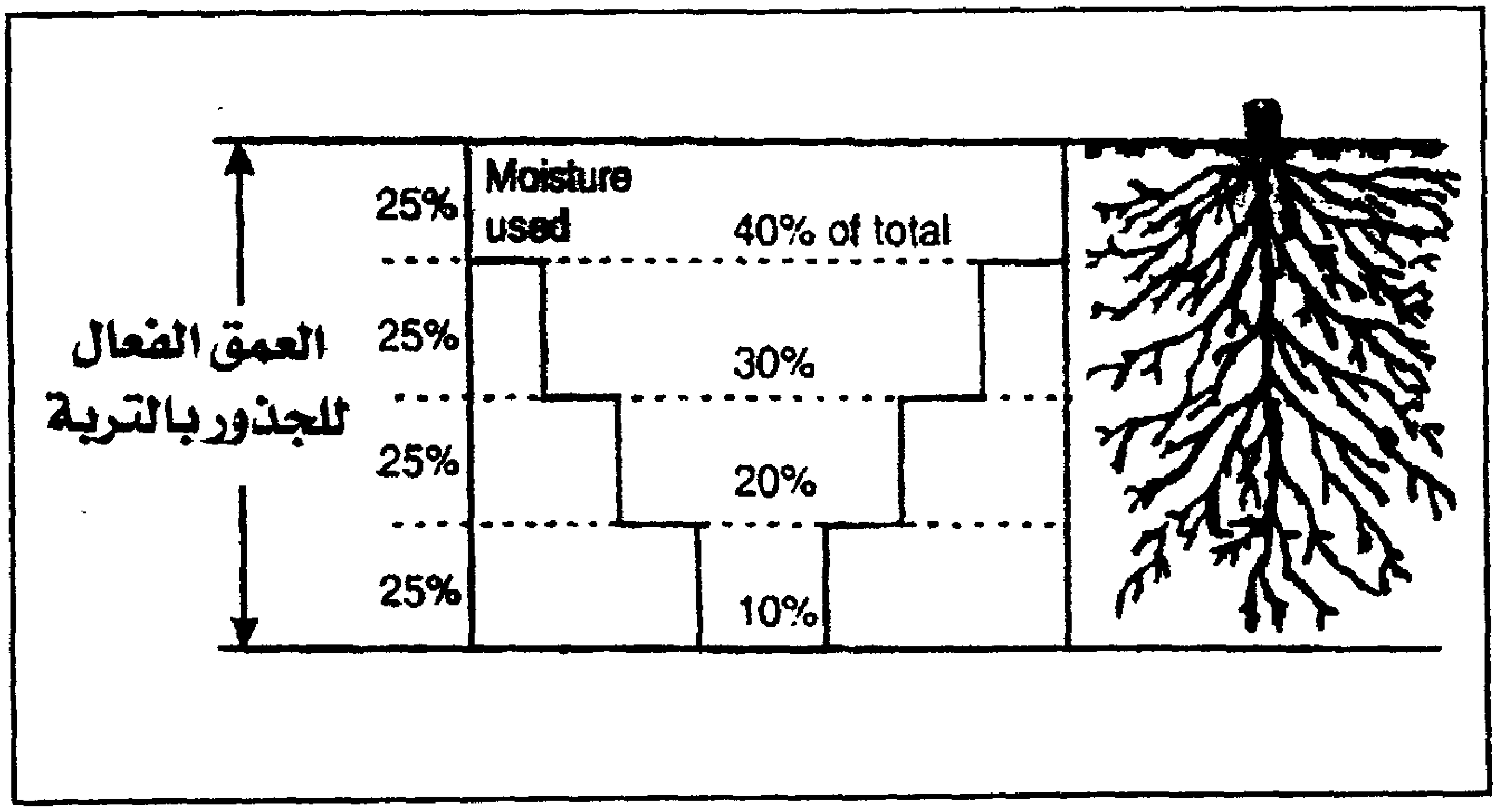
1- النظام الجذري Root system

تعتبر جذور النبات عاملاً هاماً يتحدد على أساسه أقلمة التراكيب الوراثية لظروف الجفاف والمحافظة على التوازن المائى داخل النبات وتجنب تأثيرات نقص الماء. حيث يؤدى تعمق الجذور وإنتشارها وتفرعها إلى حصول النبات على إحتياجاته من الماء والعناصر الغذائية.. ومن ثم ثبات مستويات المحصول. وتتباين محاصيل الحقل فى العمق الفعال للمجموع الجذرى (جدول 1 د) وتتميز النباتات ذات المجموع الجدرى المتعمق بتجنب الجفاف مقارنة بالنباتات ذات المجموع الجذرى السطحى وتعتبر منطقة الشعيرات الجذرية أكبر منطقة ينفذ خلالها الماء إلى الجدر، حيث تعمل على زيادة مسطح الامتصاص فى المحاصيل المختلفة ويوضح الشكل (1 - 3) العمق الفعال لانتشار الجدور فى بعض المحاصيل الحقلية ،يظهر أن 40٪ من الرطوبه الكلية التي تمتصها النبات، تستخلص من الربع الأول من نطاق التربة و 30٪ من الثانى و 20٪ من الثالث و 10٪ من الربع الأخير

وتعتمد ميكانيكيه الأقلمة لتحمل ظروف نقص الماء على عاملين؛ الأول: مجموع جذرى كثيف يشغل مساحة أكبر من سطح التربة، والثاني: مجموع جذرى أعمق قادر

جدول (1 - 3) العمق الفعال للجذور بقطاع التربة في بعض المحاصيل

جذور سطحية Shollow rooted (60 cm)	جذور متوسطة التعمق Moderately deep rooted (90 cm)	جذور عميقة Deep rooted (120 cm)	جذور متعمقة جداً Very deep rooted (180 cm)
الأرز	القمح	الذرة الشامية	القرطم
البصل	الفول السوداني	القطن	البرسيم الحجازى
البطاطس	الدخان	الذرة الرفيعة	
	البسلة	الدخن	
	الفاصوليا	فول الصويا	
	الفلفل		

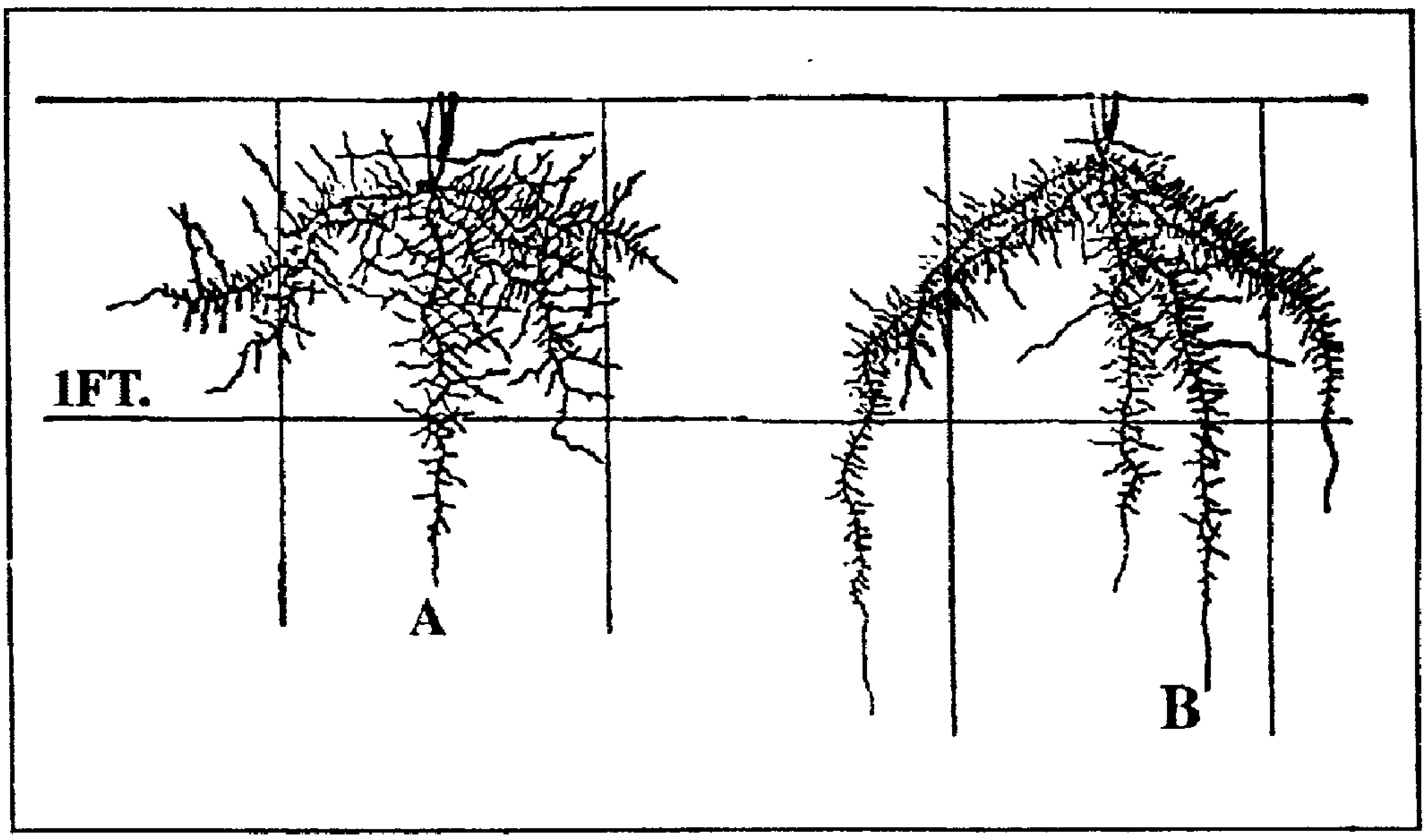


شكل (1-3): نظام إستخلاص الرطوبة في منطقة الجذور

(عن: Balasubramaniyan and Palaniappan., 2001)

على إستخلاص الماء من أعماق كبيرة من التربة. وتلعب قوة التشرب والامتصاص الاسموزية دوراً هاماً في جلب الماء من التربة.

ويختلف سلوك المجموع الجذرى تحت ظروف البيئات المختلفة (شكل 1 - 4)، حيث تنمو الجذور بصورة طبيعية فى الأراضى المروية (B). بينما تحت ظروف الجفاف (A)، ونظراً لاستنفاذ الرطوبة الميسرة فى القدم الثانى من التربة، تركز معظم إنتشار وتوزيع الجذور فى مساحة 12 بوصة من طبقة التربة، مع تفوق أطوال الفروع الجذرية معنوياً، رغماً عن تماثل أعداد الجذور والفروع فى الحالتين (**Levitt, 1972**).



شكل (1- 4) النظام الجذري لصنف القمح الربيعي Marquis عمر 6 أسابيع

A- في الأرض الجافة. B- في الأرض المروية.

(عن، Levitt, 1972)

وتعتمد الاختلافات النسبية فى إنتاجية أصناف المحاصيل على التباين فى علاقة المجموع الجذرى بالمجموع الخضرى تحت ظروف نقص الماء، حيث يؤدى عمق وكثافة وإنتشار الجذور إلى زيادة قدرة النبات على تجنب ظروف الجفاف، وفى نفس الوقت يسمح للمجموع الخضرى بمعدلات نمو وإنتاج متوازن.

وتشير الدراسات إلى وجود علاقة بين النمو القوى للمجموع الجذرى فى مرحلة البادرة وحالة المجموع الجذرى للنبات عند اكتمال النضج **(Clarke & Townley - Smith, 1984)**.

هذا وقد تميزت أصناف القمح ذات المجموع الجذرى الكبير المتعمق بالمقاومة للجفاف، إذ وصل عمقه إلى أكثر من 110 سم خلال مرحلة التزهير، كما زادت كثافة انتشار الجذور، ووصلت 35سم فى الصنف Purple Straw مقارنة بالصنفين Gamenu و Kulin تحت ظروف الإجهاد الرطوبى **(Sidiqque *et al.*, 1990)**. كما تميزت الأقماح شبه القزمية Semidwarf بمجموع جذرى كثيف عند الأعماق البعيدة مقارنةً بالأقماح طويلة الساق، وإزدادت نسبة المجموع الجذرى إلى المجموع الخضرى عند تعرض النباتات لظروف الجفاف القاسية. ولعبت هذه النسبة دوراً هاماً فى مقاومة الجفاف، ويحكم وراثتها چين واحد فى الأقماح الربيعية، بينما يحكمها عديد من الچينات فى الأقماح الشتوية **(Richards and Passioura, 1981b)**.

وفى الشعير، صاحب الانتخاب المبكر لصفتى طول الجذر وعدد جذور النبات عند عمر ٤٠ يوم، تحسن محصول الحبوب تحت ظروف الجفاف **(Kadry and Husseine, 1987)**، وأمكن عزل سلالات من الشعير تميزت بمجموع جذرى كثيف ومحصول أعلى مقارنة بأحسن الآباء، تحت ظروف مواقع بيئية متعددة فى المناطق شبه الجافة (عن: **Quizenberry, 1982**).

وفى الأرز، ظهرت أهمية خصائص المجموع الجذرى متمثلة فى أقصى طول للجذر وقطر الجذر ونسبة الوزن الجاف للمجموع الجذرى إلى الوزن الجاف للمجموع الخضرى ومقاومة إقتلاع الجذور فى علاقتها بالمقاومة للجفاف **(Yoshida and Hasegawa, 1982 and Ekanayaka, *et al.*, 1985)**.وسُجل إرتباط موجب ومعنوى بين المقاومة للجفاف وكل من؛ طول وسمك الجذر وعدد ومساحة أوعية الخشب **(Genoveva and Chang, 1985)**؛ وكذا إرتباط موجب ومعنوى بين تحمل الجفاف وكل من؛ قدرة الجذور على الاختراق Penetration ودليل أختراق الجذور والوزن الجاف الكلى للجذور **(Chandra *et al.*, 2001)**.

وتواصلاً مع هذه النتائج، وعند تعرض أصناف الذرة الرفيعة للإجهاد الرطوبى، حدثت زيادة فى طول الجذر فى مجموعتى الأصناف متوسطة ومتأخرة النضج، وتميزت الأصناف ذات الضغط الاسموزى المرتفع بزيادة الطول الجانبى والمتعمق لجذورها حتى عمق 1 متر **(Ludlow *et al.*, 1990)**. كما وجد إرتباط موجب بين كثافة الجذور ومحصول بذور الحمص تحت ظروف الإجهاد الرطوبى المتأخر **(Kashiwagi *et al.*, 2003)**.

وفى فول الصويا، تباينت الأصناف فى خصائص المجموع الجذرى وقدرتها على إمتصاص الماء خلال فترة إمتلاء البذور ووصل حجم المجموع الجذرى إلى الضعف فى بعض الأصناف. كما ثبت وجود فروق معنوية فى معدل نمو الجذر الوتدى Taproot واختراق التربة خلال الـ 26 يوم الأولى من حياة النبات، وأعزى 11٪ أو أقل من هذه الاختلافات إلى العلاقة بين عمق الجذر الوتدى وحجم البذور، و 42٪ أو أقل إلى العلاقة بين الوزن الجاف للجزء العلوى وعمق الجذر الوتدى.

(Raper and Barber, 1970)

وفى القطن، تميز الصنف أكالا التابع لـ *(Gossypium hirsutum)* بالقدرة على إمتصاص وإستخلاص الماء من عمق تراوح بين ١٨٠ – ٢١٠سم مقارنة بالصنف Pima التابع لـ *(G. barbadense)* والذى أمتدت جذوره فقط لمسافة 33 سم.

(عن، Quizenberry. 1982)

وفى ضوء ذلك، تتضح أهمية الانتخاب لخصائص المجموع الجذرى فى تحسين تحمل الجفاف، وقد أمكن بالفعل تحقيق تقدم ملموس فى هذا الصدد فى عديد من المحاصيل الحقلية.

2- سمات الورقة Leaf features

تتأثر حالة الماء بالنبات بالسمات المورفولوجية للورقة مثل حجم وشكل وزاوية الورقة ودرجة إنعكاسها للأشعة ووجود الكيوتيكل والشمع والشعر أو الزغب عليها. حيث تتميز أوراق النباتات المقاومة للجفاف بصغر الحجم وإنخفاض نسبة مساحة السطح والحجم

Low surface area volume ratio، الأمر الذى يزيد من قدرتها على الإحتفاظ بحالة الانتفاخ، مقارنة بالأنواع المتأقلمة مع البيئات الرطبة إذ وجد أن أصناف القمح المقاومة للجفاف تميزت بمسطح نتح أقل ومقاومة ثغرية أعلى مقارنة بالأصناف الحساسة (Golestani - Araghi and Assad, 1998). كما تميزت أصناف الفول السودانى الأكثر أقلمة مع ظروف الجفاف، بانخفاض المساحة النوعية للورقة (الورقة الأسمك)، وأعزى التباين فى المساحة النوعية للورقة إلى الاختلاف فى سمك البلاستيدات وصفات البارنشيما الاسفنجية والقدرة على تخزين الماء فى الخلايا (Basu *et al.*, 2003). كما أنتجت أصناف الترمس الاسترالية Belara, Quilinock ضيقة الأوراق محصولاً أعلى من صنف المقارنة Merrit بـ 77٪ و 29٪، على التوالى تحت ظروف الجفاف المتأخر (Palta *et al.*, 2002). وأرتبط صغر حجم الورقة وزيادة سمكها فى نباتات القطن مع المقاومة للجفاف (عن: Singh, 2001).

كما أن حركة الأوراق لتكون موازية لأشعة الشمس الساقطة يساعد على خفض المساحة الفعالة من الورقة وتخفيف حمل الطاقة على النبات، ومن ثم خفض معدل النتح. وتساعد صفة ذهبية ولمعان الأوراق مع خفة إخضرارها Light green and golden leaves على إنعكاس أشعة الشمس بدرجة أكبر من الأوراق الداكنة. وهذا يفيد فى خفض درجة حرارة الأوراق ومن ثم خفض معدل النتح. وهذا ما لوحظ فى أصناف الشعير التى تعكس الضوء بدرجة عالية، وبالتالى بتأثير مبرد (ملطف) Cooling effect، بما يحمى النبات من أضرار الحرارة العالية (عن: Singh, 2001).

ويعتبر وجود الكيوتيكل الشمعي على سطوح الأوراق عاملاً محدداً لفقد الماء وأحد خصائص تجنب الجفاف حيث تتميز أوراق النباتات البرية التى تنمو تحت ظروف البيئات الجافة بوجود طبقة شمعية سميكة، مقارنة بالنباتات التى تنمو تحت الظروف العادية. وذلك يفسر الفوائد المكتسبة من الماء المدخر للأصناف ذات الثغور الحساسة للانغلاق، حتى ولو لم يمتلك النبات مقاومة عالية لفقد الماء من خلال الكيوتيكل. وقد بلغت مقاومة طبقة الكيوتيكل 116 سم/ الثانية فى الذرة الشامية، 112 سم/ الثانية فى

الذرة الرفيعة، فى حين كانت 30 سم/ الثانية فى الأرز، لذا فهى تُعد مؤشراً لغربلة وإنتخاب التراكيب الوراثية لمقاومة الجفاف فى المحاصيل الحقلية (**Yoshida, *et al.*, 1976**).

وعموماً تتباين كمية الماء المفقود بالنتح من الكيوتيكل باختلاف التراكيب الوراثية من 2 - 50٪ (**Oppenheimer, 1960**) ومن 45 - 88٪ كل 24 ساعة من محتوى الورقة الكلى من الماء فى القمح (**Cseuz and Erdei, 1996**).

ويتحدد فقد الماء من الورقة بكمية الكيوتيكل الشمعى المترسب. ويلعب التركيب الكيماوى أهمية أكثر من السمك، حيث يؤدى ترسيب الليبيد والشمع على سطح الورقة إلى زيادة إنعكاس الأشعة وخفض معدل النتح وزيادة المقاومة للجفاف، وإنخفاض قيم دليل الحساسية للجفاف (DSI). فقد تميز صنفا قمح الخبز UP 2029 و HS - 90 بأعلى نسبة تراكم للطبقة الشمعية (100٪)، يليهم صنفا قمح الديورم N. 59 و MACS 9 (80٪)، فى حين سجل صنفا قمح الخبز K. 68 و Ajantha وصنف الديورم Bijiga Yellow أقل نسبة (45 - 56٪) جدول (1 - 4). وأظهرت صفة الطبقة الشمعية إرتباط موجب وعالى المعنوية وصفات التفاف الأوراق وعدد الأيام حتى التزهير والذبول المؤقت (**Nayeem and Nerkar, 1988**). وأُستخدمت مقاومة كيوتيكل ورقة العلم لفقد الماء فى غربلة تراكيب القمح الوراثية لتحمل الجفاف (**Cseuz and Erdei, 1996**)، وفى مقاومة أصناف الأرز للشد الرطوبى، حيث صاحب إزالة طبقة الشمع زيادة معدل النتح ونقص مقاومة الكيوتيكل بمقدار 50 - 60٪ (**D, Toole *et al.*, 1979**).

وبرهنت نتائج الدراسات على تحسن إنتاجية سلالات الذرة الرفيعة ذات الأوراق الشمعية العاكسة «Bloom» تحت ظروف الإجهاد المائى، نتيجة إنخفاض معدل النتح وزيادة كفاءة إستخدام الماء الميسر مقارنة بالأصناف التى تفتقد إلى هذه الصفة «Bloomless» (**Chatterton *et al.*, 1975**).

جدول (4-1) : متوسط السلوك لصفة الطبقة الشمعية والذبول ومحصول الحبوب في القمح

الصنف	تغليف الطبقة الشمعية (٪)	الذبول (٪)	محصول الحبوب (جم)
• قمح الخبز :			
UP 2029	100	5	1.8
Ajantha	50	5	1.1
HD 2189	88	86	1.2
HS 90	100	86	1.8
K - Sona	55	75	1.4
K - 68	45	10	1.9
HD 2160	90	90	1.0
Mukta	65	5	1.8
Hindi 62	60	5	0.9
HI 7483	80	95	1.7
• قمح المكرونة :			
N 59	80	5	1.7
MACS 9	80	5	2.1
Rijiga Yellow	56	5	1.8
SE 5 %	4.6	0.35	N. S
CD 5%	4.7	1.01	2.1

(عن: **Nayeem and Nerkar, 1988**)

علاوة على ذلك، فيعتبر **وجود الشعر أو الزغب على الأوراق Leaf bubscence** ذو أهمية فى تحمل النباتات لظروف الجفاف، حيث يعمل على إنعكاس الأشعة، مما يؤدى إلى خفض درجة حرارة الورقة وخفض معدل النتح. إذ إرتبط طول وكثافة الشعيرات فى بعض أصناف القمح الروسى والمنغولى والصينى مع مقاومة النبات للجفاف (**Shin Taketa *et al*., 2002**).

وقد أعتبرت أحد المكونات المؤدية إلى تحمل الجفاف فى الذرة الشامية وتأثرت من الناحية الوراثية بكل من طرز الفعل الجينى المضيف والسيادى والتفوق.

(Baldo *et al.*, 1993)

3- إستدامة الخضرة (البقاء أخضر) Green longevity (Stay green)

تعتبر صفة استدامة الخضرة وتأخر الشيخوخة من الصفات الفريدة، كمفاتيح لتحمل الجفاف المتأخر وكدالة على مقاومة الجفاف فى إختبارات السلالات والهجن لوصف مقاومة النبات فى مرحلة ما بعد التزهير. حيث تعتبر هذه الملاحظة البصرية دليلاً حقيقياً على إستجابة التراكيب الوراثية لتحمل إجهاد الجفاف. فتمتلك السلالات والهجن المتميزة بهذه الصفة، ميزة إمتداد فترة نشاط التمثيل الضوئى خلال أو بعد إمتلاء الحبوب أو كلاهما، وتراكم أكثر للسكريات الذائبة فى النبات.

وقد أعتبرت طول فترة حياة ورقة العلم فى القمح أحد المحددات الهامة للمحصول تحت ظروف الإجهاد المائى والظروف العادية (**Verma *et al.*, 2004**).

كما وضحت علاقة إستدامة الخضرة وتأخر الشيخوخة مع الأقلمة لظروف الجفاف ومقاومة مرض العفن الفحمى **Charcoal rot** فى أصناف الذرة الرفيعة DSV - 4، RSLG - 262، E 36 - 1، **296 B** (**Pawar *et al.*, 2003**). وقد سجل إرتباط سالب وعالى المعنوية بين مقياس البقاء أخضر وكلٍ من محصول الحبوب (-0.77**) ومساحة الورقة (-0.61**) وعدد الأوراق الخضراء (-0.81**)، حيث تشير القيم الأقل لمقياس البقاء أخضر إلى إستدامة الخضرة وتأخر الشيخوخة، ومن ثم زيادة المحصول. وكان الارتباط موجب وعالى المعنوية (+ 0.74**) بين قيم مقياس البقاء أخضر ودليل الحساسية للجفاف (جدول 1 - 5). بما يوضح الدور الهام لهذه الصفة فى إكساب أصناف الذرة الرفيعة القدرة على تحمل جفاف ما بعد التزهير، حيث كانت مسئولة عن 54.3٪ من تباين الأصناف فى القدرة على تحمل الجفاف (**El - Bakery *et al.*, 2003**). فى حين بلغت المساهمة النسبية لصفة البقاء أخضر فى تباين محصول هجن الذرة الشامية 26٪ (**Singh and Rao, 2003**). وحددت كأحد المكونات الهامة

فى تحمل الجفاف، وتأثرت وراثياً بكل من طرز الفعل الجينى المضيف والسيادى والتفوق (Baldo *et al.*, 1993).

جدول (1- 5) : معامل الارتباط البسيط بين مقياس البقاء أخضر ودليل الحساسية للجفاف وبعض الصفات الهامة تحت ظروف الجفاف في الذرة الرفيعة

الصفة	محصول الحبوب	وزن المائة حبة	مساحة الورقة	عدد الأوراق الخضراء	البقاء أخضر
مقياس البقاء أخضر	- 0.77**	0.10 -	- 0.61**	- 0.81**	1
دليل الحساسية للجفاف	- 0.89**	- 0.30*	- 0.50**	- 0.60**	0.74**

(عن: البكري وآخرون، 2003).

4- السفا Awn

يعتبر السفا من التراكيب النباتية الهامة لاسيما فى المناطق التى تتصف بارتفاع درجة الحرارة والجفاف ويعتبر فيها المطر من العوامل المحددة للزراعة. ويفيد السفا الموجود فى عصافات الأزهار فى تكوين حبوب ممتلئة وتحسين وزن الألف حبة نظراً لاحتوائه على الكلوروفيل وإسهامه بقدر مناسب فى عملية التمثيل الضوئي وتكوين الكربوهيدرات. كما يساعد السفا فى تخفيف تأثير الحرارة المرتفعة، حيث تلفح قمة سنابل الأصناف غير المسفاه.

وتتباين أصناف المحاصيل فى طول السفا. وقد تأيدت علاقة طول السفا ومحصول الحبوب فى أصناف قمح المكرونة Omguer - 5, Rufom - 2, BD 2014. ولعب الانتخاب لصفتى طول السفا وطول السنبلة دوراً هاماً فى تحسين ثبات محصول الحبوب تحت ظروف المطر الشحيح فى شمال سيناء وأظهر التركيب الوراثى المبشر H - 29 درجة عالية من الثبات المظهرى لصفة طول السفا تحت الظروف البيئية المتباينة (Abd El-Moneim, 1998). وكان التباين المظهرى والوراثى ومعامل التوريث مرتفعاً للصفة (Abd El-Moneim, 1993).

ثالثاً: الصفات الفسيولوجية Physiological characters

1- سرعة الانبات وتطور البادرات

Germination rapidity and seedling development

يمثل إنبات البذور أول مرحلة من مراحل نمو نبات المحصول لمواجهة ظروف البيئة المعاكسة، فترتبط قدرة البذور على الإنبات تحت ظروف الجفاف بامكانات التركيب الوراثي Genetic makeup التى تؤهله للتكيف مع الظروف المحيطة.

وتتباين أصناف المحاصيل فى سرعة ونسبة إنبات بذورها تحت ظروف الأراضي الجافة أو حال تعرضها لمحدثات الاسموزية Osmoticums تحت ظروف المعمل. فقد سجلت أختلافات معنوية بين آباء وهجن قمح الخبز فى نسبة الإنبات تحت ظروف إجهاد مائى (− 8 بار) وأتضح أهمية الفعل الجينى غير المضيف فى وراثة الصفة (**Islam *et al*., 1999**).

وقد أختلفت الدراسات بشأن الارتباط بين القدرة على الإنبات تحت ظروف الجفاف وتحمل النباتات لتلك الظروف فى المراحل المتقدمة من النمو ويرجع بإن هذا الارتباط غير ثابت No consistent، حيث يظهر القمح مستوى عالى من التحمل إلى أن يكتمل الانبات ولكن بادراته تكون شديدة الحساسية لنقص الرطوبة الأرضية بعد تكشفها من التربة (**Blum, 1980**)، ولم تتضح أى علاقة بين قدرة بذور القمح على الانبات تحت ظروف الإجهاد ومعدل نمو وتطور البادرات. وعلى الجانب الآخر، فقد وجد إرتباط معنوى بين قدرة البادرات على النمو فى ظروف الجفاف وقدرة النباتات البالغة على تحمل تلك الظروف. هذا ويرتبط ثبات عدد البادرات وقدرتها على الحياة بالنشاط المرستيمى والمساحة الخضراء للأوراق (**Clarke and Townley - Smith, 1984**).

وقد أيدت الدراسات أهمية الانتخاب لقوة البادرات وسرعة تطور وقوة المجموع الجذرى فى تحسين محصول الشعير، أو فى تحمل الجفاف فى جيرمبلازم القطن، تحت ظروف الامداد المائى المحدود (**Cook and El-Zik, 1992**). وعموماً تفيد هذه الخاصية عند تقييم مئات.. أو آلاف النباتات فى الأجيال الانعزالية المبكرة، لانتخاب التراكيب الوراثية المتميزة لادخالها فى المراحل التالية من برنامج التقييم.

2- معدل نمو الأعضاء النباتية (الوزن الجاف للجذور والسيقان) :

Growth rate of plant organs

يعرف النمو بإنه الزيادة الدائمة غير العكسية فى العدد والوزن والحجم. ويعتبر النمو من المؤشرات السريعة لوصف قدرة التراكيب الوراثية على تحمل ظروف نقص الماء، خاصة عندما يقوم المربى بغربلة أعداد كبيرة من چيرمبلازم المحصول، ويرغب فى عزل بعض العائلات أو السلالات الأكثر تحملاً.

وفسيولوچياً، يتأثر الوزن الجاف للنبات بقدرة التركيب الوراثى على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية فى صورة نواتج تمثيل خلال عملية البناء الضوئى، ثم تجزئ ناتجات التمثيل الغذائى على مختلف الأعضاء النباتية. ولذا يعتبر معدل نمو الأعضاء النباتية والأوزان الجافة من القياسات الدالة على كفاءة التركيب الوراثى فى تجهيز وإنتقال المواد الممثلة والتكيف مع ظروف البيئة خلال مراحل تطور النبات. إلا أن ظروف الإجهاد التى يتعرض لها النبات خلال مراحل نموه تؤثر بطريق أو بآخر على النمو البيولوچى. هذا وقد سُجلت أختلافات جوهرية بين أصناف المحاصيل الحقلية فى معدلات النمو تحت ظروف الجفاف. وتميزت أصناف قمح الخبز سخا 8 وجيزة 155 و جومام بارتفاع الوزن الجاف للنبات ومساحة أنصال الأوراق، وتفوق الصنف جيزة 155 فى معظم صفات النمو وحجم المجموع الجذرى عن الصنف شام 4 تحت ظروف نقص الماء **(Abd El-Gawad *et al.*, 1985 and 1998 c)**.

وفى الأرز، تميز الهجين Giza 172 × IET 144 بابوين يجمعا بين زيادة كل من الوزن الجاف للجذور والسيقان وارتفاع الضغط الاسموزى للعصير الخلوى تحت ظروف الجفاف **(Ismail *et al.*, 1999)**.

وفى البقوليات، إنفرد صنف الفول البلدى جيزة بلانكا بارتفاع الوزن الجاف للجذور ودليل مساحة الأوراق وعدد الأفرع والذى أنعكس على زيادة محصول البذرة ودليل الحصاد مقارنة بالصنف سخا 1 تحت ظروف الأراضى الرملية حديثة الاستصلاح بمنطقة الحظارة **(Mokhttar, 2003)**.

3- التفـاف الأوراق **Leaf rolling**

يعتبر التفاف الأوراق واحدة من الصفات الفريدة والتى تُعد مؤشراً للإجهاد المائى وعرضاً من أعراض الجفاف، فهى أحدى ميكانيكيات تجنب الجفاف. حيث تلجأ النباتات إلى التفاف أوراقها لتقليل مساحة الأسطح المعرضة لأشعة الشمس ومن ثم تقليل معدلات النتح وفقد الماء (شكل 1 - 5). فقد أسهم التفاف الأوراق فى خفض معدل النتح من 46 إلى 83٪ فى بعض حشائش منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط **(Oppenheimer, 1960)**.

ويرتبط التفاف الأوراق بالجهد المائى للورقة، حيث يمكن تحديد التراكيب الوراثية منخفضة الجهد الاسموزى بالالتفاف الكبير للورقة وجفاف القمة أثناء فترات سطوع الشمس وحال تعرض النبات لظروف الإجهاد الرطوبى. فقد تناغم إنخفاض التفاف الأوراق مع زيادة ضغط الإمتلاء **Turger pressure** وإرتفاع المحتوى النسبى للماء بالأنسجة فى بعض النجيليات مثل القمح والذرة الرفيعة والذرة الشامية **(Parker, 1968 and Al - Naggar *et al.*, 2004 a)**. وكانت أصناف القمح المتحملة للجفاف Hindi 62, Bijiga Yellow, N 59, K 68 أقل فى درجة التفاف الأوراق بمدى تراوح بين (3 - 4٪ فقط). فى حين ارتفعت نسبة التفاف الأوراق لتصل إلى (90 - 95٪) فى الأصناف الحساسة HI 7483، HD 2160، HS 90، HD 2189, Kalyan Sona نتيجة تأثيرات الحرارة العالية والجفاف (جدول 1 - 6) **(Nayeem and Nerkar, 1988)**.

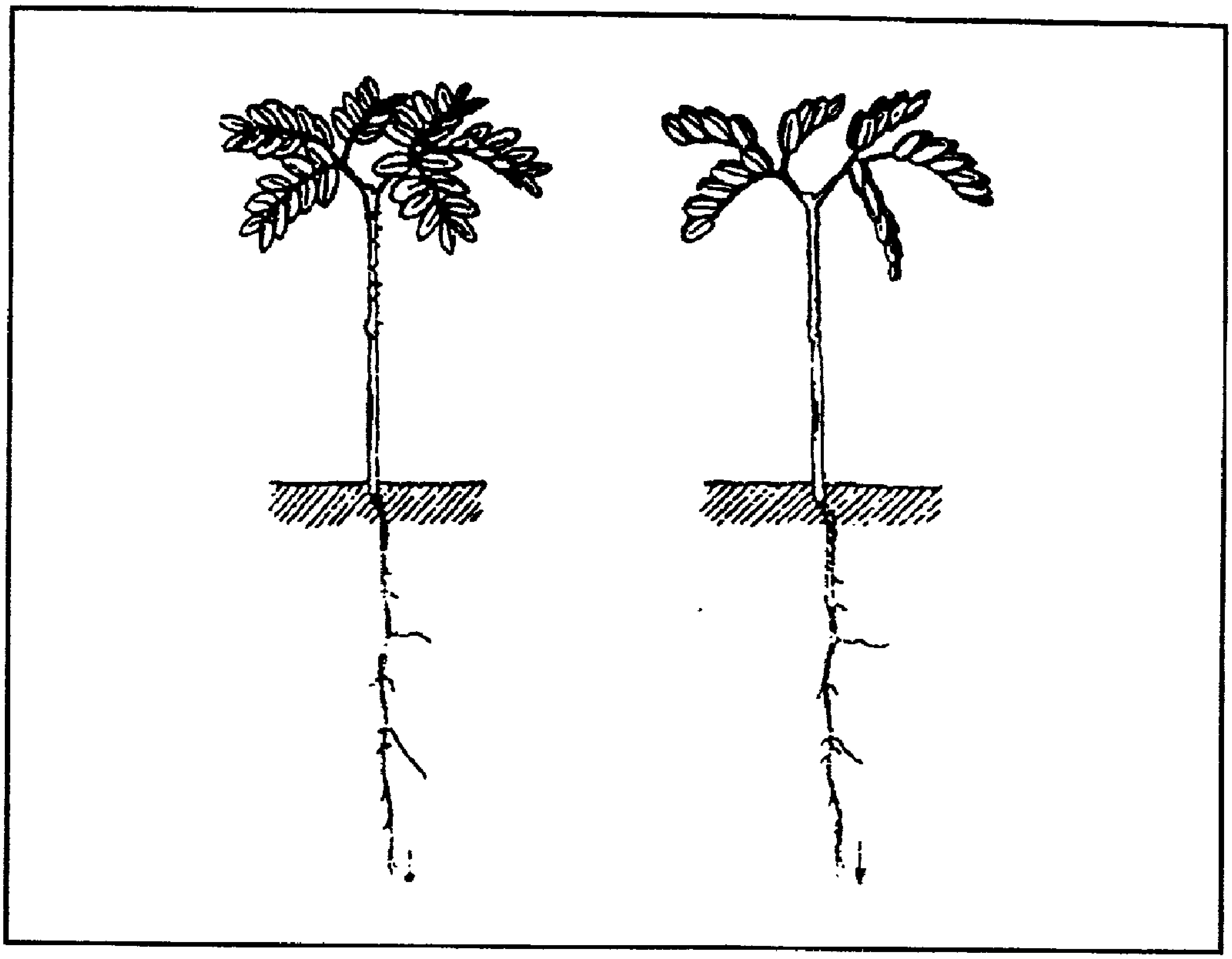
ولقد لاحظ **Blum and Pnuel (1990)** التفاف أوراق جميع أصناف القمح عند تعرضها للإجهاد المائى فى النصف الثانى من شهر مارس، ثم زوال هذا العرض وإنبساط الأوراق بعد هطول الأمطار فى شهر أبريل، فى دلالة على أن التفاف الأوراق هو سلوك تجنب لفقد الماء. كما أرتبطت حساسية بعض طرز الأرز للجفاف مع الالتفاف الكبير للأوراق **(Abd Alah, 2004)**، وسُجل إرتباط موجب فى هجن الذرة الشامية بين دليل الحساسية للجفاف لمحصول الحبوب والتفاف الأوراق **(Moursi, 1997)** وارتباط وراثى سالب بين محصول الحبوب والتفاف الأوراق تحت ظروف الإجهاد **(Al - Naggar *et al.*, 2004 a)**.

جدول(1 - 6) : متوسط السلوك لصفات التفاف الأوراق والذبول ووزن المائة حبة ومحصول الحبوب في القمح

الصنف	التفاف الأوراق (٪)	الذبول (٪)	وزن 100 حبة (جم)	محصول الحبوب (جم)
• قمح الخبز :				
UP 2029	50	5	3.5	1.8
Ajantha	50	5	3.9	1.1
HD 2189	95	86	4.2	1.2
HS 90	95	86	3.1	1.8
K Sona	95	75	3.1	1.4
K - 68	3	10	4.0	1.9
HD 2160	90	90	3.2	1.0
Mukta	50	5	3.7	1.8
Hindi 62	5	5	2.5	0.9
HI 7483	95	95	3.2	1.7
• قمح المكرونة :				
N 59	5	5	4.8	1.7
MACS 9	50	5	4.7	2.1
Rijiga Yellow	4	5	4.0	1.8
SE 5 %	1.20	0.35	0.05	N. S
CD 5%	3.40	1.01	0.15	2.1

(عن: **Nayeem and Nerkar, 1988**)

وفى الذرة الرفيعة، يحدث التفاف الأوراق فى السلالات المقاومة عندما يتجاوز الجهد المائى للورقة الحد الأعلى للمدى (- 0.2 إلى -2.2 ميجا باسكال Mpa) مقارنةً بالسلالات الحساسة، مؤدياً ذلك إلى نقص المساحة الفعالة للأوراق العلوية بحوالى 75٪. وقد يؤدى التفاف الأوراق إلى تغير البيئة الدقيقة وسلوك الثغر فى المساحة الورقية، إلى حد أن الثغور تبقى مفتوحة ويستمر النمو بدون فقد عالى للماء عند تعرض النبات للإجهاد فى منتصف الموسم (**Matthews *et al.*, 1990**) كما ازدادت أهمية التفاف الأوراق عند تعرض النباتات لظروف الإجهاد فى مرحلة ما قبل التزهير، ولم ترتبط مع عملية الضبط الاسموزى (**Ludlow *et al.*, 1990**)



شكل (1- 5) بادرات نبات *Caesalpina pyramidalis*

يساراً: الأوراق المفتوحة تحت ظروف الرطوبة العالية

يميناً: الأوراق الملتفة (المنطبقة) تحت ظروف الجفاف

(عن: Ferri, 1953)

وتستخدم صفة التفاف الأوراق بمعهد بحوث الأرز الدولى وغيره من المراكز البحثية كمؤشر إنتخابى نظرى لغربلة سلالات المحاصيل تحت ظروف الشد الرطوبى.

4- درجة حرارة الورقة Leaf temperature

تعتبر سلالات المحاصيل ذات درجة حرارة العرش المنخفضة أكثر قدرة على التكيف مع الظروف المحيطة، حيث تكون أقدر على إمتصاص الماء اللازم لها من التربة ومن ثم إستمرار نشاط التمثيل الضوئى وأيض المركبات الغذئية. فتعطى النباتات ذات درجة حرارة العرش الأبرد مستويات محصول أعلى مقارنةً بالنباتات ذات النموات الخضرية الأعلى حرارة (Kizkham *et al.*, 1984). فقد سجل Blum وآخرون (1989) إرتباط موجب بين

معامل الحساسية للجفاف لمحصول القمح ودرجة حرارة المسطح الأخضر.. وأستخدموا هذه الصفة كمؤشر إنتخابي لتحمل الجفاف في برامج تربية القمح.

كما تميزت سلالات وهجن الذرة الشامية المتحملة للجفاف بدرجة حرارة أبرد Cooler من درجة حرارة الوسط المحيط، وسُجل إرتباط سالب بين محصول حبوب الذرة الشامية ودرجة حرارة الورقة تحت ظروف الإجهاد **(Al - Naggar, *et al.*, 2004 a)**، وكانت نسبة المساهمة المباشرة في تباين محصول الحبوب تحت ظروف الجفاف -0.71 للفرق بين درجة حرارة العرش والهواء و -0.57 لدرجة حرارة الورقة **(Singh and Rao, 2003)**.

وتفيد قياسات درجة حرارة العرش النباتي في إمكانية تقسيم التراكيب الوراثية إلى ثلاث فئات؛ منخفضة، و متوسطة، و مرتفعة، وإنتخاب السلالات التي تكون درجة حرارتها منخفضة.

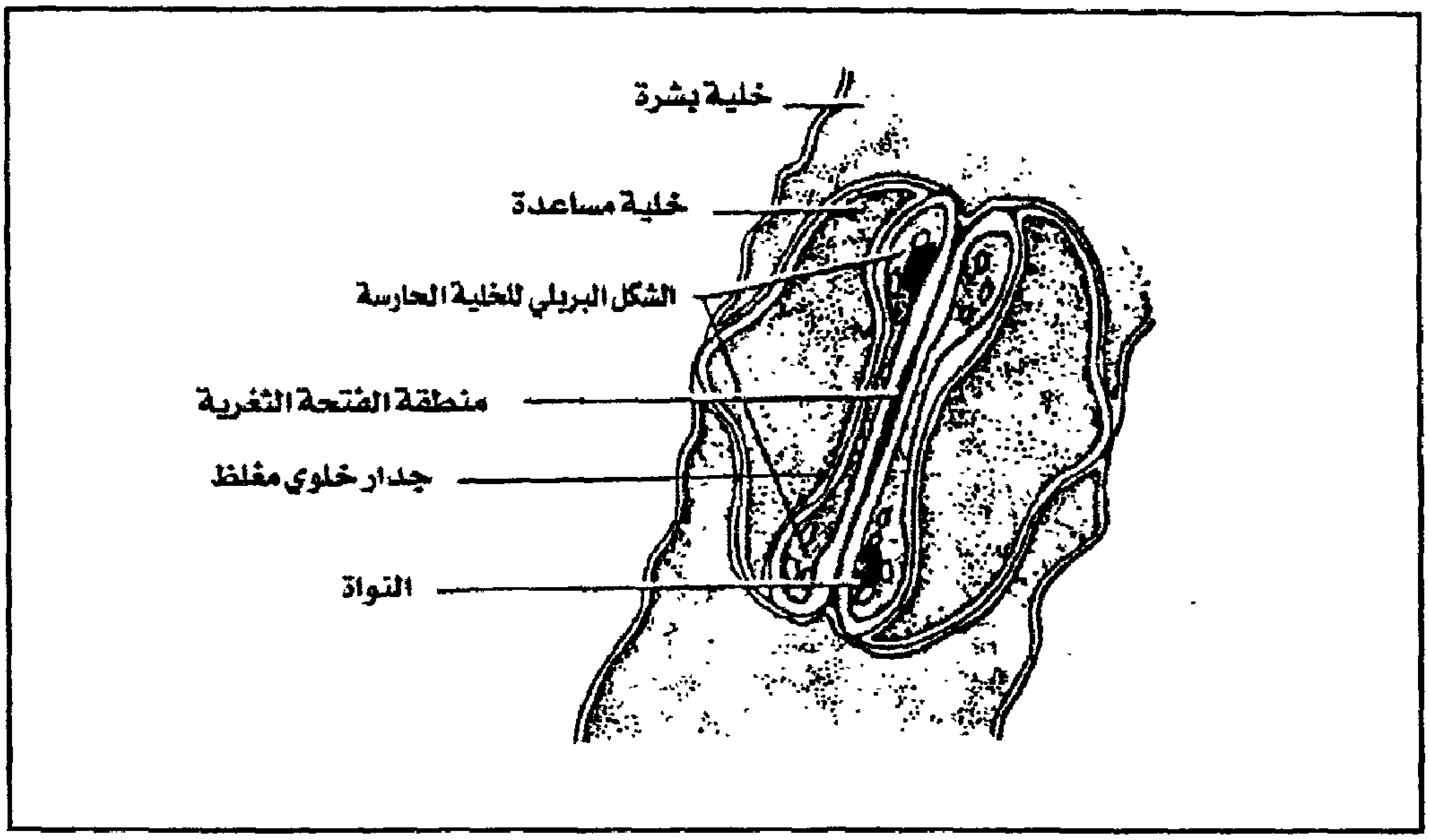
5- سمات الجهاز الثغري والمقاومة الثغرية Features and resistance of stomatal

تلعب الثغور الموجودة على أسطح أوراق النبات دوراً هاماً في التأثير على والتحكم في كثير من العمليات الحيوية في النبات.. في تخزين الطاقة والاستفادة منها، والتمثيل الضوئي، والتنفس، علاوة على أنها تمثل ميكانيكيه للحماية بتقليل الماء المفقود عن طريق النتح خلال فترات الإجهاد الرطوبي . وهي وظائف لايمكن الفصل بينها على أي حال.

ويحمل سطح بشرة الورقة عدداً كبيراً من الثغور، ويحاط الثغر بخليتين حارستين تتحكمان في فتح وغلق الثغر وعند إنفتاح الثغر بالكامل، فإن عرض الفتحة يتراوح من 3 - 12 ميكرون، وطوله من 10 - 40 ميكرون. ويختلف عدد الثغور على سطح الورقة من نوع إلى آخر ويتراوح بين 1000 إلى 60.000 ثغر/ سم^2 من السطح. وبالرغم من وجود هذا العدد الهائل من الثغور إلا أن فتحات الثغور عند الفتح الكامل لا تمثل إلا 1 - 2٪ من السطح الكلي للورقة.

وترتبط ميكانيكية فتح وغلق الثغور بالاستجابة المباشرة للزيادة أو النقص في الجهد

الاسموزى للخلايا الحارسة نتيجة تحرك الماء إلى أو من الخلايا الحارسة. فعند تحرك الماء إلى الخلايا الحارسة تنبسط الخلايا وتصبح أكثر إمتلاءاً ولو تحرك الماء خارجاً من تلك الخلايا فإنها تصبح مرتخية، وعند إمتلاء الخلايا الحارسة فإن الثغر يفتح، وعندما ترتخى الخلايا الحارسة فإن الثغر يغلق، فيما يعرف بميكانيكية فتح وغلق الثغور Switching on and switching off. ويمثل ذلك أهمية للتحكم فى كمية الماء المفقود بالنتح وتحسين كفاءة إستخدام الماء المتاح تحت ظروف الإجهاد الرطوبى. ويوضح شكل (1 - 6) شكل الثغر فى النجيليات.



شكل (1- 6) صورة الكترونية دقيقة للثغر المميز لبعض النجيليات

لاحظ الشكل البريلي (شكل رافعة الأثقال) للخلايا الحارسة

وتخضع قدرة الثغر على تنظيم الماء المفقود بالنتح لنظام التحكم الوراثى، ويتم ذلك إما من خلال خفض كمية الماء المفقود بالنتح أو بزيادة كفاءة إستخدام الماء من خلال الغلق النسبى للثغور أثناء فترات الإجهاد الرطوبى الشديد.

وتلعب الثغور دوراً هاماً فى تحسين كفاءة إستخدام الماء تحت ظروف الجفاف. وقد أقترح **Levitt (1972)** نوعين من الأقلمة لتجنب الجفاف على أساس سلوك الثغر،

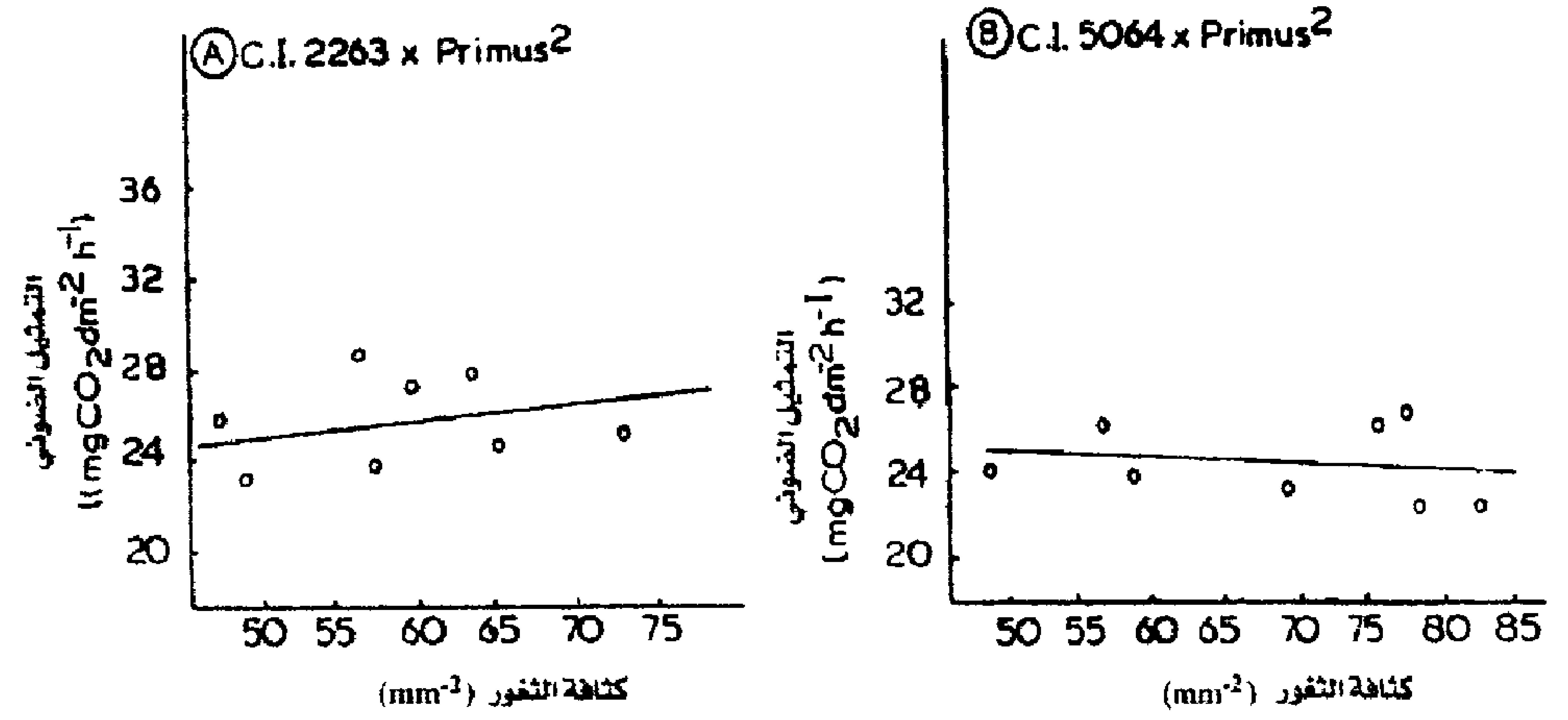
الأول: صيانة الماء Water savers عن طريق غلق ثغور النبات أثناء فترات النهار لحين حدوث إمداد مائى مناسب، ومن ثم كفاءة عالية لاستخدام الماء عن طريق التحكم الفعال خلال الموسم فى الماء المتاح. أما **النموذج الثاني** من الأقلمة لتجنب الجفاف فيتمثل فى إستخدام الماء Water spender ويتم عن طريق إستخلاص كميات أكبر من الماء من التربة خلال وحدة الزمن، ومن ثم العمل على بقاء الثغور أكثر انفتاحاً أثناء النهار، وتمثيل أكثر لثانى أكسيد الكربون ومعدل نمو أسرع مقارنة بنظام الصيانة. وكلا نوعى الأقلمة يؤدى إلى المحافظة على الجهد المائى للورقة بحالة مرضية وتجنب الجفاف تحت ظروف الإجهاد المائى الخارجي.

وتعتبر الطرز النباتية التى تتميز بعدد أقل من الثغور صغيرة الحجم أكثر قدرة على مقاومة الجفاف وهو ما يميز نباتات الذرة الرفيعة عن الذرة الشامية بهذا الخصوص.

ويحدث تطور للثغر تحت تأثير الانتخاب، حيث لوحظ أن ثغر الأصناف الجديدة أكثر انفتاحاً من الأسلاف. وتتباين أنواع المحاصيل فى مقدار الشد الرطوبى اللازم لغلق الثغر، وقد تراوح من إجهاد منخفض (- 8 بار) فى الفاصوليا إلى إجهاد متوسط (- 16 بار) فى الذرة الرفيعة إلى إجهاد عالى (- 28 بار) فى القطن و (- 31 بار) فى القمح عند مرحلة إمتلاء الحبوب **(Turner, 1979)**.

ومن الأهمية بمكان، أن تتميز النباتات المقاومة للجفاف بطبقة أديم «بشرة كيوتيكل» سميكة، وثغور تستجيب وتغلق بسرعة عند نقص الرطوبة الأرضية، بالرغم من أن الغلق الكامل للثغر، يقل معه التبادل الغازى والبناء الضوئى ومن ثم الإنتاجية، إلا أنه وجد فى بعض سلالات الشعير، أن نقص كثافة الثغور بمقدار 25٪ أثناء الإجهاد الرطوبى، صاحبه نقص معدل النتح بمقدار 24٪، دون أدنى تأثير على معدل البناء الضوئى شكل (1 - 7) **(Miskin and Rasmusson, 1970)**، بل وإرتبط العدد المنخفض من الثغور مع معدلات التمثيل العالية فى الذرة الشامية والفاصوليا ومع التحمل للجفاف فى حشيشة البانيك النجيلية. ولم يستدل بعض الباحثين على أى علاقة بين كثافة الثغور والتمثيل الضوئى فى عدد من الأنواع النباتية. ويشير ذلك إلى

إمكانية إحداث تغيير فى معدل النتح، بدون أى تأثير على عملية التمثيل الضوئى، من خلال الانتحاب للأصناف الأقل فى عدد الثغور.



شكل (1- 7) العلاقة بين كثافة الثغور والتمثيل الضوئي في إثنين من هجن الشعير. يلاحظ عدم التأثر النسبي لمعدل التمثيل الضوئي مع نقص كثافة الثغور (عن: Miskin and Rasmusson, 1970)

وبتحليل الجهاز الثغرى لأوراق مجموعتين من أصناف قمح الخبز وقمح الديورم الإيطالى تحت ظروف الزراعة المطرية، سجلت إختلافات معنوية بين التراكيب الوراثية لقمح الخبز والديورم فى عدد الثغور على السطح العلوى والسفلى للورقة. وتفوقت أصناف قمح الديورم معنوياً فى عدد الثغور على سطحى الورقة مقارنة بأقماح الخبز (جدول 1- 7) **(Nayeem and Nerkar, 1988)**. ووجد أن أصناف قمح الديورم الأقدر على أن تظل ثغورها مفتوحة خلال فترة الإجهاد المائى كانت أكثر ثباتاً فى المحصول **(Venora and Calcagno, 1991)**.

وتستخدم المقاومة الثغرية كدليل إنتخابى للمقاومة للجفاف فى المحاصيل الحقلية،

فقد تميزت أصناف القطن التابعة للنوع الهندى *G. arboreum* بارتفاع المقاومة الثغرية تحت ظروف الجفاف **(Perumal and Chakrabarty, 2003)**. وبلغت المساهمة النسبية للمقاومة الثغرية فى تباين محصول الذرة الشامية تحت ظروف الإجهاد 34٪ **(Singh and Rao, 2003)**.

جدول(1 - 7) : متوسط السلوك لصفات عدد الثغور والذبول ومحصول الحبوب في القمح

الصنف	عدد الثغور/ مم^2		الذبـول (٪)	محصول الحبوب ((مم)
	السطح العلوي	السطح السفلي		
• قمح الخبز :				
UP 2029	46.3	35.4	5	1.8
Ajantha	43.3	31.7	5	1.1
HD 2189	45.2	31.5	86	1.2
HS 90	44.9	26.6	86	1.8
K - Sona	59.7	28.7	75	1.4
K - 68	48.6	35.3	10	1.9
HD 2160	30.4	27.9	90	1.0
Mukta	44.2	34.8	5	1.8
Hindi 62	44.9	31.2	5	0.9
HI 7483	43.3	28.7	95	1.7
• قمح المكرونة :				
N 59	53.5	41.6	5	1.7
MACS 9	52.9	45.9	5	2.1
Rijiga Yellow	56.4	47.6	5	1.8
SE 5 %	1.3	1.2	0.35	N. S
CD 5%	4.1	3.8	1.01	2.1

(عن: Nayeem and Nerkar, 1988)

كما تميزت تراكيب الذرة الرفيعة المتحملة للجفاف بارتفاع درجة التوصيل الثغرى ومعدل التمثيل الضوئى وإنخفاض درجة حرارة الورقة.. وقد حددت هذه الصفات وعدد حبوب القنديل كمعايير إنتخابية سريعة ودقيقة لتحمل الجفاف فى الذرة الرفيعة **(Al-Naggar *et al.*, 1999)**.

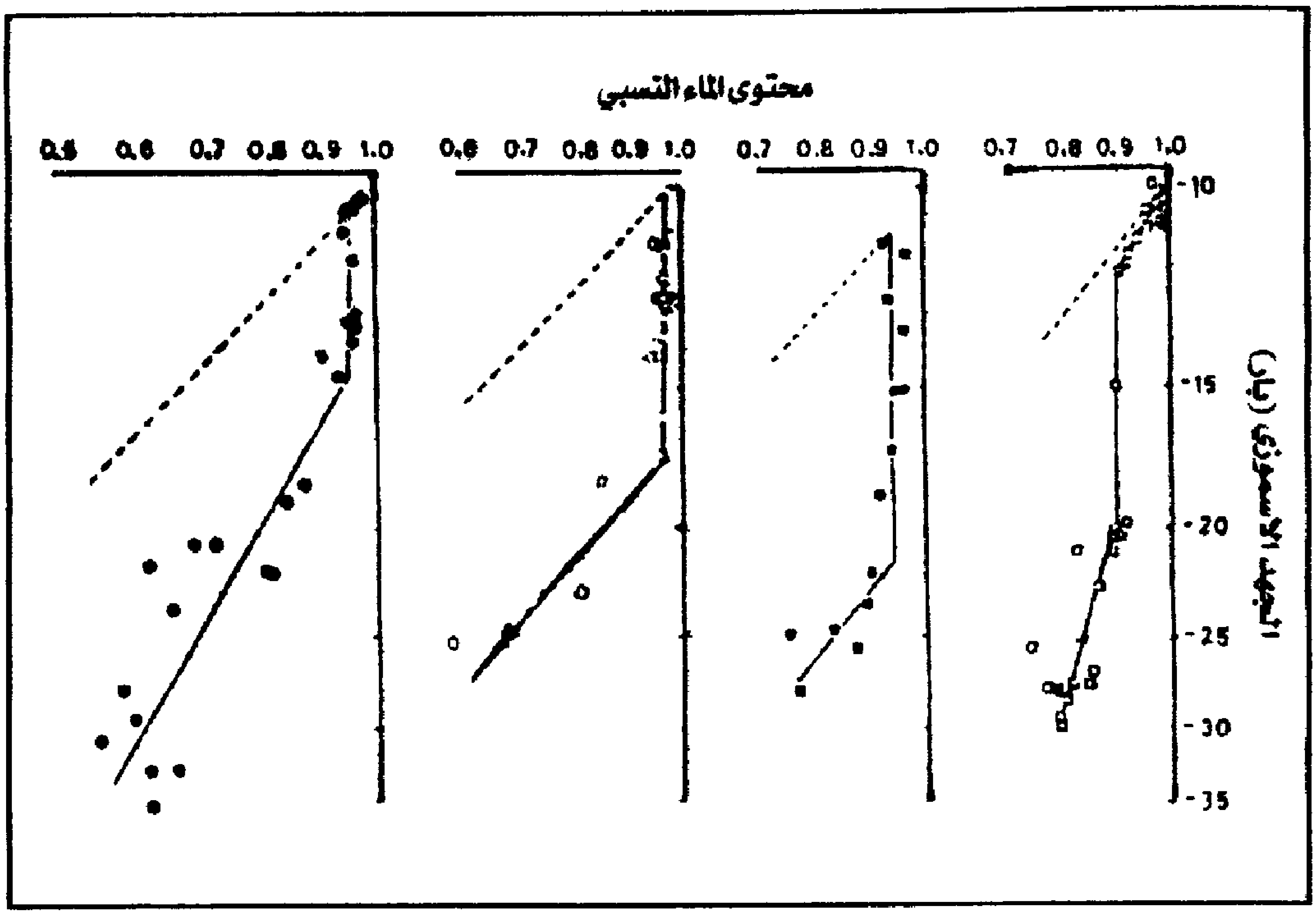
وقد أوضحت نتائج الدراسات أن سلوك الثغر يرتبط وراثياً بكل من التباين الوراثى

المضيف والسيادى فى الذرة الرفيعة، ورغماً عن إنخفاض تقديرات معامل التوريث، إلا أن الانتخاب كان ممكناً. ولم يرتبط سلوك الثغر بالوراثة السيتوبلازمية. وأظهر إتجاه الثغر للغلق خلال فترة الإجهاد الرطوبى القصوى للورقة سيادة كاملة Complete dominance (عن: Quizenberry, 1982).

6- محتوي الماء النسبي Relative water content

يعتبر محتوى الماء النسبى بالورقة من الصفات الفسيولوجية الهامة والمحددة لإستجابة النبات لظروف الجفاف ومعيار إنتخابى هام فى برامج التربية. فيعتبر زيادة محتوى الماء النسبى للورقة دليلاً على أقلمة أصناف المحاصيل الحقلية مع ظروف الإجهاد الرطوبى وأحد محددات المقاومة للجفاف وليس ميكانيكية للهروب.

وتساهم صفة محتوى الماء النسبى لقمة الساق Stem apex فى النجيليات فى إضفاء حصانة مائية للقمة النامية والتى تظل تحتفظ بمحتوى ماء نسبى عالى رغم إنخفاض الجهد الاسموزى لخلاياها إلى – 50 بار. كما يساهم زيادة محتوى الماء النسبى للأوراق فى زيادة قدرة الخلايا على الاحتفاظ بجهدها الجدارى Turgor pressure. وتتباين التراكيب الوراثية فى القمح بهذا الخصوص فيلاحظ من شكل (1-8) أن طرز قمح الديورم أكثر قدرة على الاحتفاظ بمحتوى مائى أعلى من الطرز التابعة لقمح الخبز، فعلى سبيل المثال، عند – 20 جهد أسموزى ظلت أقماح الديورم تحتفظ بـ 90٪ من محتواها المائى، بينما إنخفض محتوى الماء النسبى فى قمح الخبز عند مستوى إجهاد أقل (– 16 بار). وعند ٢٥ جهد أسموزى، أحتفظت أقماح الديورم بـ 83٪ من محتواها المائى، فى حين إنخفض محتوى الماء فجائياً فى قمح الخبز ليصل إلى 64٪ (Morgan, 1977).

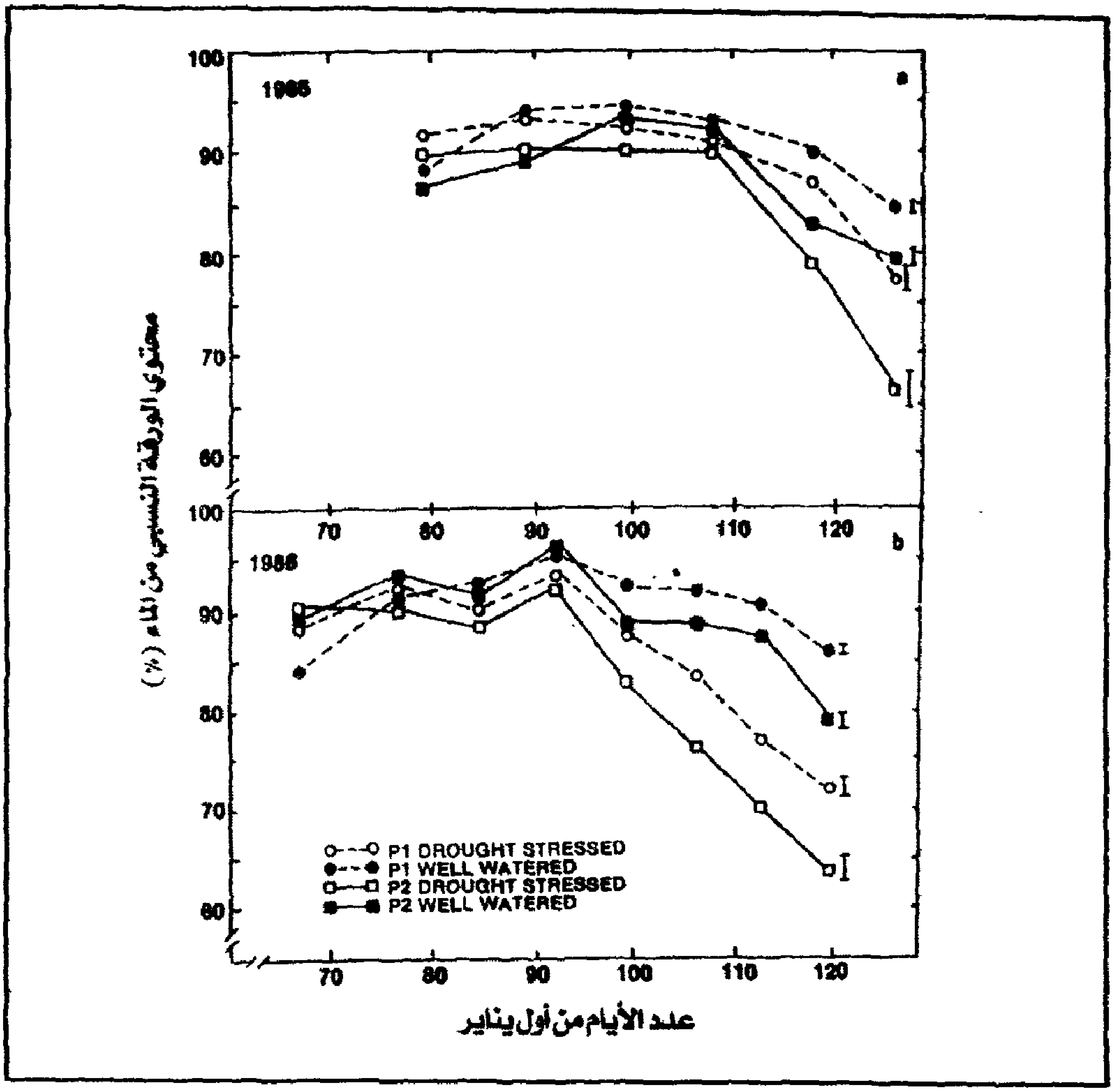


شكل (1- 8) العلاقة اللوغاريتمية بين محتوي الماء النسبي والجهد الاسموزي للسنيبلات خلال فترة نمو السنيبلات للتراكيب الوراثية التابعة لـ

Triticum dicoccoides (●), T. aestivum (○), T. dicoccum (■), and T. durum (□).

(عن، Morgan, 1977)

ويسهم ارتفاع محتوى الماء النسبى بالورقة فى تحسين محصول الحبوب فى أصناف القمح المتحملة للجفاف فعند دراسة العلاقات المائية ومحصول الحبوب فى صنفى القمح TAM W - 101 المتحمل و Sturdy الحساس للجفاف، لوحظ تميز صنف القمح المتحمل TAM W - 101 فى محتوى الورقة النسبى من الماء والذى صاحبه إرتفاع محصول الحبوب مقارنةً بالصنف Sturdy الحساس، حيث يتميز الأول عن الثانى بزيادة المحتوى النسبى للماء (شكل 1 - 9) (Schonfeld *et al.*, 1988) .



شكل (1- 9) محتوى الورقة النسبي من الماء (RWC) في صنفي القمح (P1 :101 - TAM W، P2 : Sturdy) تحت ظروف زيادة الإجهاد الرطوبي والظروف العادية خلال موسمي 1985 و 1986. تمثل الخطوط الرأسية الخطأ القياسي التجميعي لمتوسط كل سلالة (عن: Schonfeld *et al.*, 1988).

وفى عدة دراسات تجريبية، إرتبط محتوى الماء النسبى العالى فى سلالات الذرة الشامية Ib 3, Ib 7, Ib 8 مع تحمل الجفاف (**Varade *et al.*, 2003**)، وسُجل تلازم سالب بين دليل الحساسية للجفاف لمحصول الحبوب ومحتوى الورقة النسبى من الماء **(Moursi, 1997)**

ومن النتائج الفريدة، فى الفول السودانى، ما سجل من علاقة إرتباط سالبة بين إنتاج الافلاتوكسين ومحتوى الماء النسبى بالأوراق وسلامة جدار القرن ومحتوى رطوبة جدار القرن خلال فترات الجفاف المتأخر، وقد تميزت التراكيب الوراثية المتحملة للإجهاد الرطوبى بالاحتفاظ بمحتوى عالى من الماء وإنخفاض مستويات الافلاتوكسين (**Reddy** ***et al.*****, 2003**).

7- الجهد الاسموزي Osmotic potential

يعرف الجهد الاسموزى بأنه الجهد اللازم بذله لوقف إنتشار الماء النقى من الخلية إلى الوسط المحيط. وهو الجهد الاسموزى اللازم للمحلول لكى ينشأ زيادة فى جهده الكيميائى عن ذلك للماء النقى.

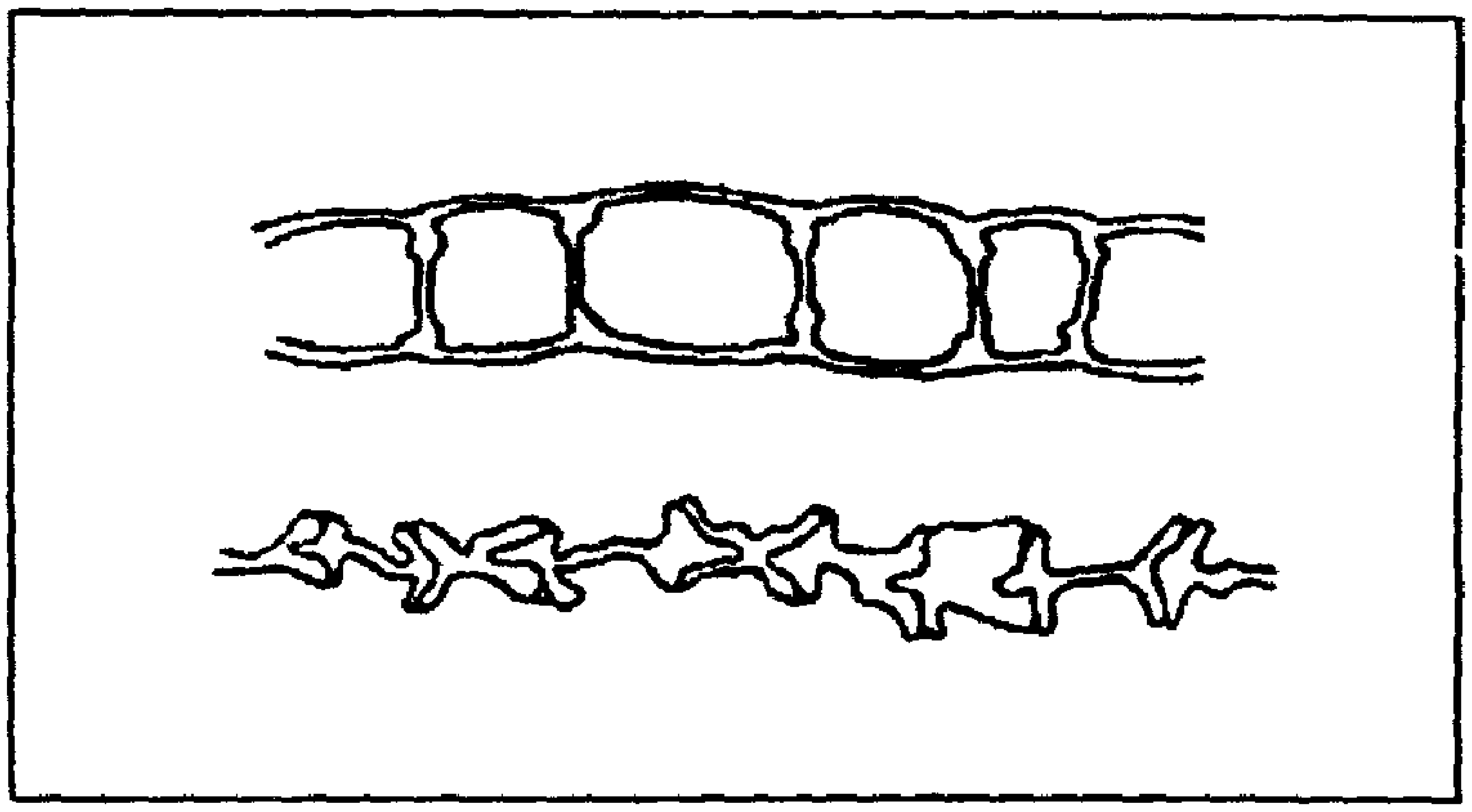
وقد أستخدم **Turner (1979)** مصطلح الأقلمة الاسموزية، وأوضح أن النباتات تؤمن حياتها أسموزياً عن طريق تراكم الذائبات العضوية فى السيتوبلازم تحت ظروف الشد الرطوبى فيما يعرف بالضبط أو التنظيم الاسموزى Osmoregulation للمحافظة على سلامة الأغشية الخلوية وحماية النظام الفسيولوچى للخلية.

ومن أهم المركبات التى تتراكم فى خلايا النبات والمسئولة عن ضبط إسموزية الخلايا تحت ظروف الجفاف Glotathione, Betaine, Ascorbate, Proline, Alpha - tocopherol, Polyols (Mannitol, Sorbitol, Pinitol).

ولقد لوحظ أن السلالات ذات القدرة العالية على الضبط الاسموزى تستخلص ماء أكثر من التربة مقارنة بالسلالات المنخفضة فى هذه القدرة. ولم يرتبط الضبط الاسموزى العالى تحت ظروف الجفاف مع نقص القدرة المحصولية.

وتتباين أنواع الجنس المحصولى بل وأصناف النوع الواحد فى القدرة على الضبط الاسموزى وتتميز التراكيب الوراثية ذات القدرة على الضبط (التنظيم) الاسموزى بقدرتها على الاحتفاظ بمحتواها المائى تحت ظروف الإجهاد المائى للخلايا لفترة أطول من تلك التى تفتقد إلى هذه القدرة.. فعلى سبيل المثال أمكن لبعض طرز القمح التابعة للنوع *Triticum spelta* الاحتفاظ بـ 78٪ من محتوى خلاياها من الماء مقارنةً بـ 50٪

فقط للطرز التابعة للنوع *T. durum* عندما إنخفض الجهد المائى للورقة إلى – 30 بار. حيث تتميز التراكيب الوراثية المتحملة للجفاف بارتفاع الضغط الاسموزى للعصير الخلوى مقارنة بالأصناف الحساسة، بما يحافظ على بقاء الخلايا في حالة إمتلاء. (عن: **Morgan, 1977**). وهذا ما يوضحه شكل (1 - 10) حيث يقل حجم وقطر الخلية فى نبات *Minum punctatum* تحت ظروف الشد الرطوبى إلى الخمس ($^1/_5$) أو العشر ($^1/_{10}$) مقارنة بالخلية الطبيعية **(Iljin, 1931)**.



شكل (1- 10) إلى أعلى: شكل الخلية الطبيعية.

إلى أسفل: شكل الخلية المتدهورة Collapsed cell في الأوراق الجافة

لنبات *Minum punctatum*

وتقوم الخاصة الاسموزية بحفظ أنسجة النبات فى حالة إمتلاء، ولهذا أهمية قصوى، إذ يُمكن ذلك النبات من المحافظة على إستمرار عمليات البناء الضوئى والتحول الغذائى والنمو تحت ظروف إنخفاض الجهد المائى للورقة (**Turner *et al.*, 1996**). فالتحكم الاسموزى لا يمنع إنخفاض معدل التمثيل الضوئى، ولكنه يساعد فقط فى الحفاظ على معدلات معتدلة من النشاط التمثيلى، ويُمكّن ذلك النبات من المحافظة على نشاطه الفسيولوجى وبقاؤه حياً وتأخر الشيخوخة ومن ثم تحسن المحصول تحت ظروف الشد الرطوبى.

ويتضح الدور الرئيسى لتأثير التحكم الاسموزى على المحصول من خلال المساعدة فى حدوث الظواهر الآتية :

1- توتر أنسجة الجذور وإختراق التربة وزيادة القدرة على إستخلاص الماء.

2- تحسين كفاءة إستخدام النبات للماء.

3 - تحسين إستدامة المسطح الأخضر.

4- المحافظة على معدل إنتقال ناتجات التمثيل الغذائى إلى الحبة.

5- تحسن المحصول وزيادة دليل الحصاد.

فقد زاد محصول أصناف القمح ذات الضبط الاسموزى العالى بمدى تراوح بين 1 - 60٪ مقارنة بالأصناف الأقل فى هذه القدرة، تحت ظروف تناقص الامداد المائى **(Morgan *et al.*, 1986 and Blum and Pnuel, 1990)**. وسجلت أصناف القمح مبكرة التزهير أعلى قيم للضبط الاسموزى وتحمل الجفاف مقارنة بالأصناف متأخرة التزهير **(Salem and Kamel, 1996)**.

وفى الذرة الشامية، تميز الهجين الزوجى طابا وهجين فردى 152 وهجين ثلاثى 320 بقدرة عالية على الضبط الاسموزى مقارنة بالهجين الفردى 103 **(Moursi, 1997)**.

وفى الذرة الرفيعة، تساوت فعالية الضبط الاسموزى فى تقليل معدل النقص فى محصول الحبوب حال تعرض النباتات لظروف الإجهاد سواء قبل أو بعد التزهير. إلا أن **Ludlow وآخرون (1990)**، وجدوا أن أعلى مستويات للضبط الاسموزى قد وضحت عند تعرض النباتات لظروف الإجهاد فى مرحلة ما بعد التزهير، وصاحب الانتخاب للضبط الاسموزى العالى تحسن مستويات محصول حبوب الذرة الرفيعة. علاوة على ذلك وفى البقوليات، أتضح أهمية الضبط الاسموزى وتحمل الجفاف وتحسين محصول البذرة فى العدس خلال دورتين من الانتخاب للعائلات المتميزة تحت ظروف الإجهاد الرطوبى **(Bayoumi, 2003)**.

8- الجهد المائي للخلية Cell water potential

يعرف الجهد المائى للخلية بانه الطاقة الحرة لكل مول (وزن جزيئى) لأى مادة فى

النظام الكيميائى، فهو الفرق بين الجهد الكيميائى للماء فى أى نقطة من النظام وذلك الجهد للماء النقى تحت الظروف المثلى. ويؤدى ضغط الماء إلى دفع الغشاء البلازمى ناحية الجدار الخلوى، حيث يقال عن الخلية النباتية حينئذٍ أنها منتفخة لتحقيق ما يلى:

1- تمدد وكبر حجم الخلايا.
2- انفتاح وانغلاق الثغور.
3- تمدد وانبساط الأوراق والأزهار.
4- الأنشطة الحيوية.

ويعتبر ضغط إمتلاء الخلية من الصفات الفسيولوچية الهامة فى موضوع علاقة النبات بالماء. فيعتمد نمو الخلية على ضغط الإمتلاء.. أى على قوتها الدافعة، الأمر الذى يُثبط من تأثير الإجهاد المائى على النبات النامى. ويحكم درجة إمتلاء خلية النبات، كلٍ من المعدلات النسبية لامتصاص الجذور للماء.. وفقد الثغور للماء، ويتأثر ذلك بالظروف الجوية وظروف التربة وخصائص النبات المحورة لمعدلات الامتصاص والنتح.

وتفيد تقديرات الجهد المائى للخلية فى قياس قدرة النبات على المحافظة على التوازن المائى، لأنه إذا اختل هذا التوازن بإن زاد معدل النتح عن معدل الامتصاص، وكان الميزان المائى سالباً، ذبل النبات. وعندما تقفل الثغور ليلاً، يتوقف النتح الثغرى، ويكون ما يمتصه النبات من ماء أكثر مما يفقده عن طريق النتح الآدمى، ويكون الميزان المائى موجباً، فيسمح ذلك للأعضاء النباتية أن تعوض نقص محتواها المائى، وتجنب التأثيرات الضارة للإجهاد الرطوبى على إنتاجية المحصول.

وعموماً يؤثر الإجهاد المائى على ضغط إمتلاء الورقة، حيث ينخفض بنقص رطوبة التربة **(El - Hefnawi, 1986)**. ويمكن تلخيص العلاقة بين الإجهادات المختلفة فى المعادلات الآتية:

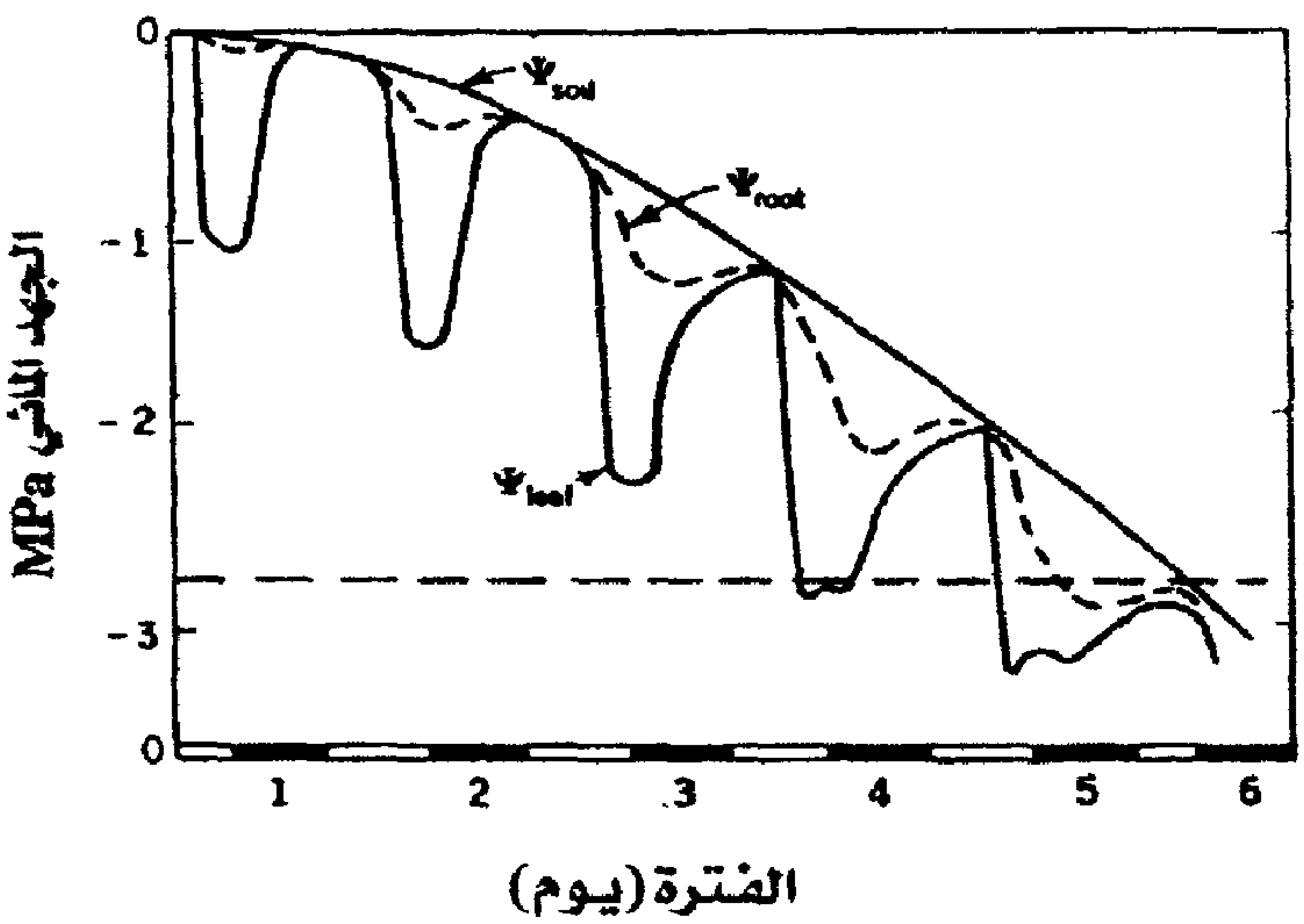
الجهد المائى للخلية ($\Psi cell$) = الجهد الاسموزى Ψs + جهد الضغط Ψp + الجهد المهادى لمادة التربة Ψm .

ويأخذ كل من الجهد الاسموزى Ψs والجهد المهادى Ψm إشارات سالبة واللذان يعادلان الجهد الموجب الناشئ عن جهد الضغط Ψp فى حالة عدم إنتفاخ الخلية، حيث يبلغ مقدار الجهد المائى للخلية حينئذٍ «صفراً». وفى الحالة العادية يمكن إهمال

القوى المهادية لصغرها مقارنة بالقوى الاسموزية وقوى الضغط. وبذا يمكن التعبير عن الجهد المائى للخلية بالمعادلة الآتية:

الجهد المائى للخلية (Ψcell) = الجهد الاسموزى Ψ s + جهد الضغط Ψp .

وتتوقف التغيرات اليومية فى جهد أوراق النبات على الفاصل الزمنى بين النتح من الأوراق وإمتصاص الماء من الجذور (شكل 1 - 11).



فترة الليل، فترة النهار

شكل (1- 11) التغيرات اليومية في الجهد المائي للورقة

(عن: Blum, 1988)

وتتباين سلالات وأصناف المحاصيل فى الجهد المائى لخلايا النبات عند تعرضها للجفاف كما سبق ذكره ويتأثر الجهد المائى للورقة بإجهاد الجفاف، إلا أن معدل النقص فى الجهد المائى للورقة يكون أقل فى الأصناف المتحملة وهو ما لوحظ فى صنف القمح Hindi 62 مقارنةً بالصنف الحساس HD 2329 (Sairam *et al.*, 1991).

ويؤدى الإجهاد المائى عند أى مرحلة من مراحل نمو نبات الذرة الشامية، إلى نقص

ضغط الإمتلاء. ولقد تباينت هجن وأصناف الذرة الشامية فى هذه الخاصية. ولاحظ Moursi (1997) تفوق هجين الذرة الفردى جيزة 10 فى ضغط الإمتلاء وكان هو الأكثر تحملاً للجفاف من الصنف مفتوح التلقيح جيزة 2. وبناءً على ما تقدم يكون من المفيد فى برامج التربية الانتخاب غير المباشر للجهد المائى ومحتوى الماء النسبى لتحسين تحمل أصناف المحاصيل للجفاف.

9- محتوى كلوروفيل الورقة Leaf chlorophyll content

الكلوروفيل هو المادة الخضراء المسئولة عن عملية البناء الضوئى فى النبات. ويتأثر محتوى الكلوروفيل بشدة بظروف الجفاف نتيجة هدمه ودخول الورقة مرحلة الشيخوخة والموت. حيث يعتبر دليل ثبات الكلوروفيل وإحتفاظ ورقة النبات بمحتوى عالى من صبغات التمثيل الضوئى دليلاً على قدرة النبات على تحمل الإجهاد الرطوبى.

وتراكم الكلوروفيل كما سبق ذكره حساس جداً للإجهاد المائى. فيؤدى تعرض نباتات الذرة الشامية على سبيل المثال إلى إجهاد مائى أقل من – 0.5 MPa إلى إعاقة تطور الكلوروفيل ونقص معدل تكوين كلوروفيل أ/ ب والكاروتين (El - Zeiny, 1981)

ويوجد تباين وراثى كبير فى محتوى الكلوروفيل بين التراكيب الوراثية المختلفة، فقد لوحظ عند دراسة الاختلافات الوراثية بين 20 نوع من جنس القمح Triticum و 6 أنواع من جنس Aegilops تحت تأثير الإجهاد الرطوبى فى طور طرد السنابل، تميز الأقماح الرباعية Tetraploids المحتوية على الجينوم A و B بثبات نسبى لمحتوى الكلوروفيل مقارنة بالأنواع الثنائية Diploids المحتوية على الجينوم A والسداسية المحتوية على الجينوم D, B, A، وقد تضاعف تكوين الكلوروفيل 3- 4 مرات فى أوراق جنس القمح مقارنة بجنس Aegilops (Chernysheva and Bykov, 1989).

وفى هذا السياق، وجد إرتباط موجب ومعنوى بين ثبات محتوى كلوروفيل الورقة ومحصول الحبوب فى أصناف قمح المكرونة والخبز حال تعرض النباتات لدرجة حراره 45°م لمدة ساعة تحت ظروف الجفاف، بينما كان الارتباط سالباً ومعنوياً (– 0.26**) بين هدم كلوروفيل الورقة ومحصول الحبوب عند تعرض البادرات لدرجة حرارة 45°م لمدة ساعة على مدى ٥٠ يوم (Nayeem and Nerkar, 1988)

كما مثلت صفة ثبات الكلوروفيل أهمية فى تحمل هجن الأرز للجفاف وأظهر الهجين ADT 43/ Notripathi قدرة ائتلافية عالية لتحسين ثبات الكلوروفيل، وأمكن عزل سلالات عالية المحصول متحملة للجفاف (**Yogameenakshi *et al.*, 2003**)، كما تأكدت علاقة دليل ثبات الكلوروفيل مع تحمل سلالات وهجن الذرة الشامية للجفاف (**Kumari *et al.*, 2003**).

10- معدل البناء الضوئي **Photosynthesis rate**

تعتبر عملية البناء الضوئى واحدة من أهم ميكانيكيات الأقلمة الفسيولوچية لظروف الإجهاد المائى. فيعتمد معدل البناء الضوئى على تحول ثانى أكسيد الكربون والماء بواسطة صبغات البلاستيدات الخضراء فى وجود الطاقة الضوئية إلى مركبات كربوهيدراتية بسيطة وينطلق الاوكسچين. وتعتبر كفاءة إستخدام الماء والتحكم الثغرى بتقليل الماء المفقود بالنتح حال تعرض النبات لظروف الإجهاد المائى، من الصفات الفسيولوچية التى تساعد النبات فى الحفاظ على مستويات البناء الضوئى بصورة تُمكن النبات من إتمام عمليات الأيض الغذائى وتخليق البروتينات والمركبات الدهنية والأحماض النووية وغيرها من المواد العضوية، حيث تحافظ التراكيب الوراثية المقاومة للجفاف على معدل عالى من التمثيل الضوئى تحت ظروف نقص الماء.

ولذا تعتبر عملية التمثيل الضوئى معيار حقيقى للانتخاب للمقاومة للجفاف خلال الأجيال الانعزالية فى برامج التربية.

وقد أختلف العلماء بشأن علاقة سلوك الثغر وعملية التمثيل الضوئى أثناء الإجهاد، فقد يستمر معدل التمثيل الضوئى دون تغير يذكر ويظل معدل سحب ثانى أكسيد الكربون كما هو تقريباً فى أوراق النباتات التى ظهرت عليها أعراض الذبول. فقد تميزت نباتات صنف القمح TAM W - 101 المقاوم للجفاف بارتفاع معدلات البناء الضوئى ونقص تأثر العمليات الكيموحيوية المسئولة عن تمثيل ثانى أكسد الكربون الداخلى بالإجهاد المائى مقارنةً بالصنف الحساس Sturdy. وأعزيت الاختلافات الوراثية فى معدل البناء الضوئى إلى زيادة أعداد الثغور المنغلقة فى الصنف الحساس مقارنة بالصنف المتحمل للجفاف (**Kitchie *et al.*, 1990**). غير أنه لوحظ حدوث نقص معنوى فى

معدل تبادل ك أ2 (والراجع إلى زيادة المقاومة الثغرية) ونسبة صافى التمثيل الضوئى إلى فقد الماء فى أصناف أخرى من القمح تحت ظروف الجفاف **(El - Hafid *et al.*, 1998)**. كما حدث نقص فى معدلات التمثيل الضوئى وإنتقال المركبات الغذائية فى أوراق الذرة الشامية تحت ظروف الإجهاد الرطوبى، وكان النقص أكثر وضوحاً فى السلالات مقارنة بالهجن وفى الأوراق المسنة عن الأوراق الحديثة **(Grzesiak, 1990)**. وفى طور طرد الحريرة مقارنة بطور الورقة الثامنة «V8» **(Human *et al.*, 1990)**. غير أنه لوحظ إستمرار نشاط التمثيل الضوئى دون تغير ملحوظ فى بعض أصناف الذرة الشامية تحت ظروف الشد الرطوبى **(Verduin and Loomis, 1944)**. وحددت صفة معدل التمثيل الضوئى عند 50٪ تزهير كواحدة من الصفات الفسيولوجية الهامة فى تحمل أصناف الذرة الرفيعة للجفاف **(Pawar *et al.*, 2003)**.

11- معدل النتح Transpiration rate

يعتبر معدل النتح من الصفات الفسيولوچية الهامة المرتبطة بتحمل النبات لظروف الجفاف. فيؤدى إنخفاض معدل النتح إلى محافظة النبات على محتواه المائى تحت ظروف الإجهاد الرطوبى وإن صاحب ذلك إنخفاض فى معدل التمثيل الضوئى.

فمن المعروف أن زيادة الإجهاد الرطوبى للتربة يصاحبه نقص معنوى فى معدل النتح فى الأصناف المتحملة، فى حين يصاحب تيسر الماء، زيادة فى معدل النتح **(Mohamed, 1976)**. فقد تميزت مجموعة أصناف القمح المتحملة للجفاف بانخفاض معدل النتح وزيادة تحمل بروتوبلازم الخلايا لدرجات الحرارة المرتفعة أثناء فترة منتصف النهار وحين تعرضها للجفاف **(Kozhushko *et al.*, 1989)**.

وفى الذرة الشامية، اتجهت معدلات النتح إلى التناقص مع زيادة الإجهاد المائى للتربة، بنقص عدد الريات، وكان معدل النتح أقل كثيراً فى سلالات الذرة الشامية المتحملة عن الحساسة **(Varade *et al.*, 2003)**. هذا وقد سجلت هجن الذرة الشامية الثلاثية البيضاء 320 و 321 وصنف الذرة الشامية الأصفر المتحمل للجفاف «آمون» أقل القيم فى معدلات النتح (جدول 1 - 8) **(Moursi, 1997)**. وأظهرت نتائج الدراسات،

أهمية معدل النتح فى أقلمة وتحمل أصناف الفول السودانى والذرة الرفيعة لظروف الشد الرطوبى (Rachaputi *et al.*, 2002 and Pawar *et al.*, 2003).

(جدول 1 - 8): معدل النتح (مجم ماء/ جم وزن غض/ ساعة)

في هجن الذرة الشامية المنزرعة تحت ثلاث مستويات من الإجهاد الرطوبي خلال موسم 1996

العينة الثانية (100 يوم من الزراعة)			العينة الأولي (60 يوم من الزراعة)		المعاملات / الهجن
I_3	I_2	I_1	I_2	I_1	
407.4	722.7	971.7	126.5	231.1	S. C. 10
407.9	453.3	599.9	353.1	574.8	S. C. 103
264.9	341.5	500.1	117.1	321.5	T. W. C. 320
211 7	528.4	566.8	189.1	360.0	T. W. C. 321
319.5	500.9	558.1	88.4	136.6	D. C. Taba
406.5	579.8	583.2	62.2	118.2	Giza 2
370.8	498.5	595.2	110.9	232.5	S. C. 152
263.8	475.7	608.9	77.1	173.9	Amon
331.5	512.6	622.9	138.3	286.5	$\bar{X}$

	I	G	I X G	I	G	I X G
F-test	**	**	**	**	**	**
L. S. D	6.029	17.193	24.315	14.147	20.569	35.628
			110.390			588.360

I_1 : الكنترول.

I_2: إجهاد خلال مرحلة النمو الخضرى

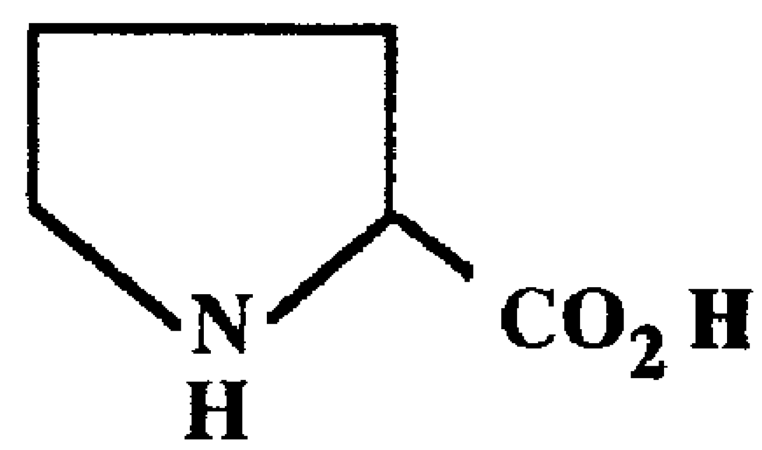
I_3 إجهاد خلال مرحلة إمتلاء الحبوب. (عن: مرسي، 1997)

رابعاً: الصفات الكيموحيوية Biochemical characters

1- تراكم البرولين والأحماض الامينية الأخرى Accumulation of proline and other amino acids:

يعمل البرولين وغيره من الأحماض الأمينية كحاميات سمورية ضد ضرر الاجهاد

المائى، حيث يزداد تراكمها فى أنسجة النباتات كرد فعل وإستجابة للإجهاد. وعلى ذلك تعتبر مؤشراً إنتخابياً فى برامج تربية المحاصيل لتحمل الجفاف. وتتميز النباتات المتحملة للجفاف بارتفاع محتوى البرولين (شكل 1 - 12). وجدير بالذكر أنه تحت الظروف الطبيعية وتوفر ماء الرى، يحدث أكسده دائمة للبرولين المخلق فى النبات، إذ يتحول إلى حمض الجلوتاميك ومكونات أخرى. بينما تحت ظروف الإجهاد الرطوبى، يتناقص معدل أكسدة البرولين، ويحدث له تراكم، ولذا يعتبره البعض مؤشراً للإجهاد (**Stewart *et al.*, 1977**).



شكل(1 - 12) : حمض البرولين

ويقوم البرولين بدور هام فى ضبط إسموزية الخلايا، ويعمل كمصدر للطاقة والكربون والنيتروجين بالإضافة إلى حماية مختلف الأنزيمات النباتية من تأثير الحرارة ونقص الماء، ويساعد بذلك النبات على تحمل ظروف الإجهاد (**Paleg *et al.*, 1981**).

وتتباين أصناف القمح فى معدل تراكم البرولين فى الأعمار المختلفة تحت ظروف إنخفاض رطوبة التربة. حيث إزداد تراكم البرولين فى أوراق وسيقان وجذور وأزهار صنفا القمح Yecora, Genorosa، وكانت الاستجابة أكثر وضوحاً فى مرحلة الانبات عن مرحلة تميز البادرات. وكان معدل تراكم البرولين أعلى فى الصنف **Genorosa** عن الصنف Yecora فى طور التميز، فى حين تشابها عند التزهير (**Karamanos *et al.*, 1981**).

وتكاملاً مع هذه النتائج، فقد سُجلت زيادات معنوية فى مستويات البرولين عند 75 يوم من الزراعة فى ستة أصناف من القمح، وعند عمر 90 يوم فى 13 صنف أخرى. وازداد تراكمه بصفة عامة مع تقدم النبات فى العمر، وتلازم ذلك مع زيادة محصول الحبوب ودليل ثبات محصول الأصناف IWP 72, WL 2265, Raj 1865, DWL 5023, UP 115 تحت ظروف الشد الرطوبى (**Narayan and Misra, 1989**).

ويأخذ مربى الذرة الشامية محتوى البرولين فى مرحلة البادرة وفى المراحل المتقدمة من حياة النبات، معياراً إنتخابياً فى برامج التربية لتحمل الجفاف. وأيد ذلك إرتفاع محتوى البرولين فى الصنف المقاوم للجفاف RMR - 473 مقارنةً بالصنف الحساس SR - 52 تحت ظروف الشد الرطوبى (O'Regan *et al.*, 1993).

وقد سُجلت إختلافات وراثية معنوية فى محتوى ثمانى عشر من الأحماض الأمينية الحرة بأوراق آباء وهجن الجيل الأول من الذرة الرفيعة. حيث إزدادت الكميات المطلقة من الأحماض الأمينية الحرة تحت ظروف الجفاف مقارنةً بظروف الرى الكامل. وحقق البرولين أعلى زيادة وصلت إلى أكثر من الضعف (6.71) تحت ظروف الجفاف مقارنة بظروف الرى الكامل (3.09). وأوضح **النجاروآخرون (2002 b)** تميز التراكيب الوراثية المتحملة للجفاف من الذرة الرفيعة بارتفاع محتوى الأحماض الأمينية الحرة الكلية والجليسين والسستئين والمثيونين والاسبارتيك والفينيل الانين، إلا أنها كانت الأقل فى محتوى حامض الجلوتاميك والتيروسين والتربتوفان عن التراكيب الوراثية الحساسة تحت ظروف الجفاف فى مرحلة ما قبل التزهير (جدول 1 - 9).

وتجدر الإشارة، إلى أنه يمكن حث تراكم البرولين فى النبات عن طريق المعاملة ببعض المواد المحدثة للاسموزية مثل البولى إيثيلين جليكول PEG، حيث إزداد تراكم البرولين بمستوى عالى فى صنف الذرة الرفيعة المتحمل للجفاف Phule Yashoda والأصناف RSLG - 262 و CSH - 15 R و M 35 - 1 و Swati - Sel - S عقب المعاملة، الأمر الذى ساعد على إستعادة نمو هذه الأصناف تحت ظروف الشد الرطوبى (**Deshmukh *et al.*, 2003 a**).

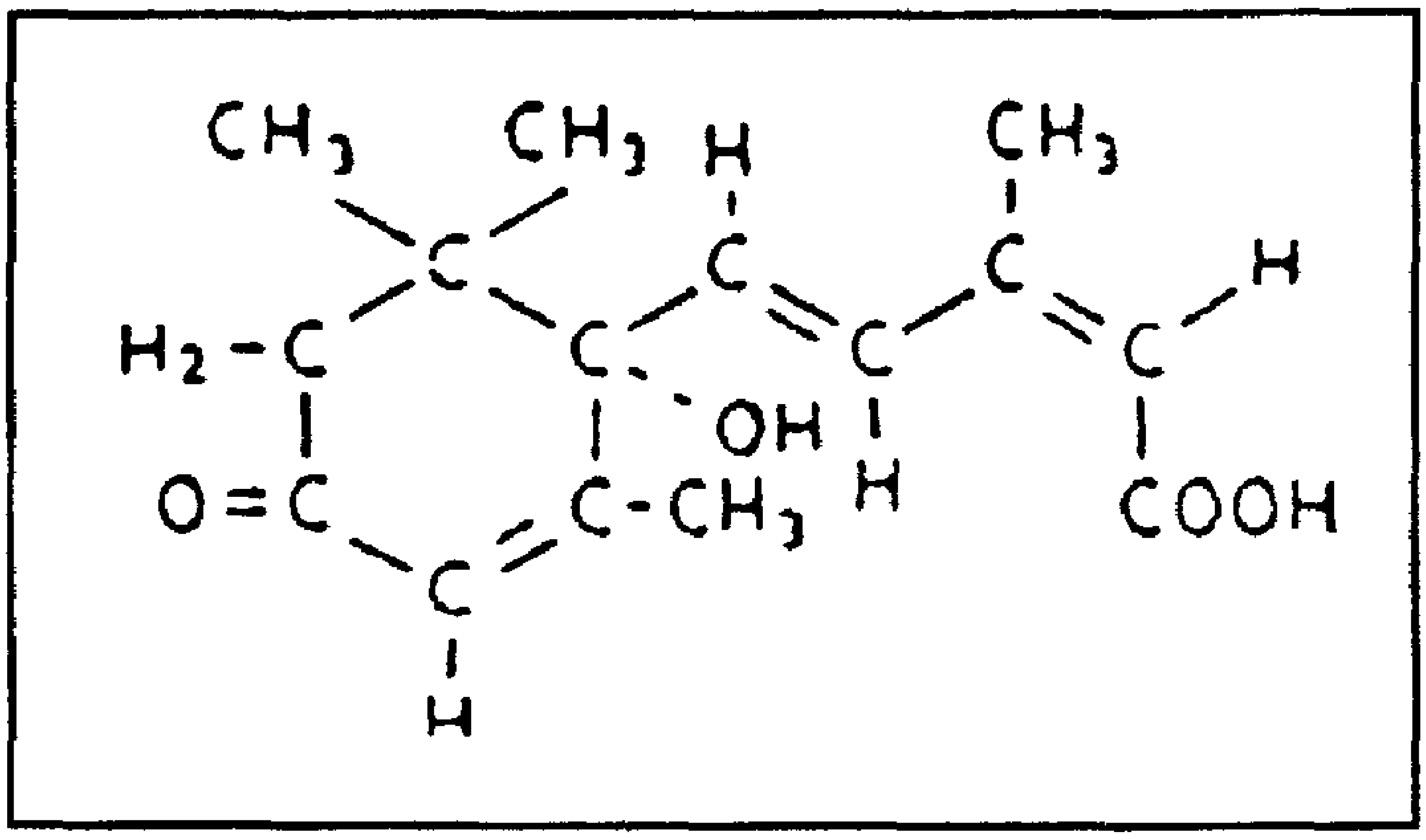
وعلاوة على تراكم البرولين والأحماض الامينية الحرة، يزداد أيضاً محتوى السكريات الذائبة مع تعرض النبات للإجهاد الرطوبى حيث أشار **Yadav وآخرون (2003)** إلى الدور الفسيولوجى الهام لهذه المواد فى عملية الضبط الاسموزى.

جدول (1 - 9): متوسط محتوي الأحماض الأمينية الحرة (مجم/ جم مادة جافة) بأوراق التراكيب الوراثية لذرة الحبوب الرفيعة تحت ظروف عدم الإجهاد والإجهاد المائي عند مرحلة ما قبل التزهير (أسيوط، 2000)

الحمض الاميني	الآبـاء		الهجـن	
	الكنترول	الاجهاد	الكنترول	الاجهاد
Alanine	2.03	2.76	2.49	2.60
valine	2.99	2.79	2.27	2.43
Threonine	2.36	1.68	1.85	1.35
Glycine	2.03	2.84	1.79	2.00
Isoleucine	0.88	1.33	0.73	1.24
Leucine	4.20	5.93	4.87	4.65
Serine	1.17	1.43	0.84	1.73
Proline	1.62	10.87	2.82	8.72
Cysteine	2.63	2.93	2.75	2.02
Butyric acid	1.45	1.50	1.37	1.44
Metheonine	1.08	2.30	1.53	2.65
Aspartic	13.89	16.53	12.53	14.19
Phenylalanine	5.94	5.80	5.02	7.19
Histidine	2.99	4.34	3.94	4.05
Glutamic	34.42	20.39	22.03	23.86
Tyrosine	1.52	1.97	1.60	2.61
Lysine	1.17	2.01	1.77	2.61
Tryptophane	1.64	1.72	1.43	1.35
Total	84.01	89.12	71.60	86.70

(عن: النجار وآخرون، ٢٠٠٢ b)

2- حمض الابسيسيك **Abscisic acid (ABA)**



شكل(1 - 13) حمض الابسيسيك

عـرف حـمض الابسيسيك منذ سنوات عـديدة من خـلال دورة في ميكانيكية غلق وفتح الثـغـور، حـيث يزادد محتوى أوراق النبات من الحـمض، تحت ظروف الشـ .. الرطوبي، على أساس أن نشاط الثغر مرتبط ومحكوم بفسيولوچيا معقدة أهمها حمض الابسيسيك (شكل 1 - 13) **(Hartung and Slovik, 1991)**. وتتباين أصناف المحاصيل الحقلية مـثل القـمح والأرز والذرة الرفـيـعـة والدخن وغيـرها في قـدرتهـا على تراكـم حـمض الابسيسيك، وهذا التباين واقع تحت نظام التحكم الوراثي.

وينتج حمض الابسيسيك في البلاستيدات الخضراء، ويظل في أوراق النباتات التي لا تعـاني من الإجـهـاد. وعندما يقع النبـات تحت ظروف قـاسيـة، تزداد نفـاذية أغـشيـة البلاستيدات لحمض الابسيسيك، وتسمح له بالحركة إلى خلايا البشرة بما في ذلك الخلايا الحارسة، حيث يعمل بعد ذلك على غلق الثغور، وقد لوحظ عند تحضين أوراق نبات الشعير لمدة أسبوعين تحت إجهاد الذبول حدوث زيادة في إنتاج حمض الابسيسيك بمقدار(0.6 نانومـول/ جم وزن غض) لمدة 4 ساعات، ثم تناقص بعد ذلك إلى حوالي (0.3 نانومـول/ جم وزن غـض) وظـل عـلـى هـذا المسـتـوى حـتى إسـتـعـادة الورقـة لمحتواها المائي**(Stewart and Voetberg, 1985)**.

وينتج حـمض الابسيسيك أيضاً في حـذور النبـات ثم ينتـقل من خـلال عـصـارة الخشب Xylem sap إلى الأوراق حيث يعمل على غلق الثغور **(Davies *et al.*, 1994)**

إلا أنه وجد أن كمية الحمض الموجودة في عصارة الخشب لم تكن منتجة بالكامل فى جذور النباتات، حيث أُنتج 28٪ منها فى أوراق النبات، ثم إنتقلت إلى الجذور عن طريق اللحاء (**Wolf *et al.*, 1990**).

وتجدر الإشارة إلى، أنه يمكن حث النبات على قفل الثغور عن طريق الرش بحمض الابسيسيك. وتتأثر حساسية الخلايا الحارسة للحمض، بتركيز الكالسيوم والنترات فى العصير الخلوى، كما تتأثر بدرجة حموضة «pH» العصير الخلوى إلى جانب التأثر بحالة الماء فى الورقة، حيث يكون الثغر أكثر حساسية لتركيز حمض الابسيسيك عند إنخفاض الجهد المائى للورقة. وهو ما لوحظ فى نبات الأرز، حيث وجد أن إنتاج حمض الابسيسيك فى الورقة والجذر يختلف باختلاف المراحل التطورية، ويرتبط مع حالة الماء ومساحة الورقة والمساحة النوعية للورقة خلال مرحلتى النمو الخضرى والثمرى. وسجلت زيادات معنوية فى تركيز الحمض إستجابة للجفاف وصلت إلى 156٪ فى الجذر و 86٪ فى الأوراق مقارنة بالكنترول. وأرتبط تركيز حمض الابسيسيك خطياً مع جهد الإمتلاء لخلايا الأوراق والجذور. وإزداد تخليقه حينما تم منع الماء خلال مرحلتى النمو الخضرى والثمرى، كما سجل إرتباط وراثى موجب ومعنوى بين تراكم حمض الابسيسيك ومحصول أصناف [illegible] تحت ظروف [illegible] الرطوبى (**Lage *et al.*, 2004**).

وإضافة إلى [illegible] ذكره، فقد [illegible] ط زيادة تخليق حمض الابسيسيك وتحمل سلالات [illegible] الحمض [illegible] (**Rao and Singh, 2003 and Varade *et al.*, 2003**)

هذا وقد أمكن فى جامعة كامبريدج بانجلترا [illegible] سلالات من القمح عالية وأخرى منخفضة فى محتوى حمض الابسيسيك، وأتضح أن تراكم الحمض يورث كصفة بسيطة، وأن هناك فرصة لتحسين تحمل التراكيب الوراثيه للظروف القاسية من خلال الانتخاب لمحتوى حمض الابسيسيك (عن: **Clarke and Townley - Smith, 1984**).

3- تخليق الإيثيلين Biosynthesis of ethylene

لوحظ زيادة تخليق الإيثيلين فى أجزاء الأوراق المقطوعة لنباتات القطن والقمح المعرضة للإجهاد. وقد وجدت إختلافات قليلة فى تحرر الإيثيلين بين أوراق النباتات النامية تحت ظروف الإجهاد والظروف الطبيعية. إلا أن تطور الإيثيلين كان أكثر إرتباطاً بالتغير الموسمى. كما يخلق هرمون الكينتين بالجذور وينتقل إلى المجموع الخضرى حيث يعمل كهمزة وصل بين المجموع الجذرى والخضرى.

وقد أظهرت نتائج الدراسات فى بعض البقوليات مثل الفاصوليا، لدى تعرض أصنافه لظروف الإجهاد المائى، حدوث زيادة فى محتوى حمض الابسيسيك ونقص سيتوكينينات DHZR و T. ZR وكانت التغيرات فى مستويات حمض الابسيسيك أعلى فى الصنف المتحمل للإجهاد المائى **Contender**، وللسيتوكينينات فى الصنف الحساس Arka Suvidha ، متوقفاً ذلك على عمر الورقة **(Upreti and Murti, 2003)**.

4- مضادات الأكسدة Antioxidants

تلعب مضادات الأكسدة دوراً هاماً فى تنظيم عمل جينات مختلف الإنزيمات. فهى تضيف أهمية إلى فعالية ميكانيكيات التحمل للجفاف بما يحفظ الخواص الوظيفية للخلايا، خاصة تلك المتعلقة بالتمثيل الضوئى، القائم على إنتاج مضادات الأكسدة مثل حمض الأسكوربيك والجلوتاثيون وأنزيم البيروكسيديز والكتاليز والسوبر أوكسيد ديسموتيز وغيرها لمواجهة الانخفاض الشديد فى المحتوى المائى بإنسجه الأوراق والذى يحدث عند إشتداد الجفاف بالدرجة التى لا يمكن تلافيها بواسطة ميكانيكيات تجنب الجفاف.

وفى هذا المجال، فقد وجد أن سلالة فاصوليا التبارى «إن آى 5» الأقل فى محصول البذرة، ورغم إفتقادها إلى أى من ميكانيكية تجنب أو تقليل أثر الجفاف من خلال التحكم فى عملية غلق وفتح الثغور أو تعمق الجذور كما هو الحادث فى السلالتين «أن آى 8أ و 19»، إلا أنها كانت أكثر تحملاً للجفاف عند تعرضها للفقد الشديد فى المحتوى المائى لأنسجة الأوراق نظراً لإنتاجها أنزيم البيروكسيديز **(Mohamed, 2003)**.

كما لعب نشاط كل من أنزيم البيروكسيديز والفينيل آلانين أمونياليز فى القطن دوراً هاماً فى هذا الصدد (Padmaja and Jayaraman, 2003) .

وعلى ذلك، تلعب أنظمة هدم السمية دوراً حيوياً فى إمكانية تجنب الأضرار التى يمكن أن تحدث لوحدات التمثيل الضوئى من خلال تعديل أو تغيير مسارات الإشارات الجهازية والموقعية. ويفيد ذلك فى تنظيم عمل مختلف الجينات وإنزيمات مضادات الأكسدة بما يمكن من حماية النظام الفسيولوجى وضبط أداء العمليات الحيوية للنبات تحت ظروف الإجهاد.

الباب الثالث

الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل للجفاف

الباب الثالث

الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل للجفاف

Varietal differences and sources for drought tolerance

تتباين أصناف المحاصيل فى قدرتها على تحمل ظروف الجفاف ونقص الماء، فمنها ما هو مقاوم ومنها ما هو حساس .كما تختلف حساسية نفس الصنف حسب طور نموه. وتعد التصنيفات الوراثية الموجودة بين الأصناف المحلية والأجنبية ومجاميع الچيرمبلازم والأقارب والأنواع البرية للمحصول، التى تحمل عوامل المقاومة للجفاف مصادر وراثية يمكن إستخدامها فى برامج التربية لنقل چينات المقاومة إلى الأصناف التجارية المنزرعة. وفيما يلى توضيح لأهم التصنيفات ومصادر المقاومة للجفاف فى المحاصيل الحقلية الهامة:

القمح Wheat

تتباين أصناف القمح فى تحملها لظروف الجفاف. وتتميز أصناف قمح الخبز المحلية سدس ١ و سخا 8 وسخا 69 وسخا 93 وسخا 94 وجميزة 3 وجميزة 5 وجميزة 7 وجميزة 9 وجميزة 10 بتحملها لظروف الشد الرطوبى، فى حين تعتبر الأصناف جيزة 162 وجيزة 168 وسخا 61 أقل تحملاً للجفاف، هذا وقد تميزت سلالات الجيل الخامس المستنبطة حديثاً بمعهد بحوث الصحراء بجمهورية مصر العربية مريوط 3 وواحة سيوة 18 و 25 بتحملها العالى للاجهاد البيئى غير الحيوى مقارنةً بالسلالات مريوط 7 و 16 و 20و 22وسخا 8 **(Afiah and Darwish, *et al.*, 2003)**.

وكان الصنف سخا 8، والسلالات المستوردة Mrbll، Omtel - 1 أكثر تبكيراً وتفوقاً فى محصول الحبوب ومحتوى الأوراق من البرولين وكلوروفيل (أ + ب) مع قيم أقل من الوحدة لدليل الحساسية للجفاف (DSI < 1) مقارنة بالصنف البرتغالى Korifla والهجن سخا 69 × Korifla و Korifla × Mrbll **(Amar, 2003 and Bayoumi, 2004)**.

كما تميزت الأصناف الأجنبية Feng Kang 13, TAM W - 10 بالمقاومة للجفاف مقارنة بالصنف الحساس **(Ritchie *et al.*, 1990 & Shangguan Sturdy and Chen, 1991)**. وانفردت الأصناف PBW 443, K - 8047, W 927 بمستوى عالى من المقاومة للجفاف مقارنة بالصنفين RW 899, RW 890 الأقل تحملاً للجفاف **(Subrahmanyam *et al*, 2003)**.

وقد أشارت تقديرات دليل الحساسية للجفاف والذى يعتبر مؤشراً لتحمل الجفاف في برامج التربية، إلى تحمل الأصناف Amy، Canuck، Echo، Sinton، Cando، Pelissier، Wakooma للجفاف (DSI < 1)، في حين أنتجت الأصناف NB 320، DT 363، DT 367 متوسطات محصول منخفضة تحت الظروف المطرية والرى العادى مع قيم متوسطة لدليل الحساسية للجفاف **(Clark *et al.*, 1984)**. كما تميزت أصناف القمح الأجنبية Yecora - Roje، Owens، Penjamo 62، Tokwoe، Sonora 64 بمستوى عالى من التحمل لإجهاد الجفاف (DSI < 1)، وكان الصنف **Sonora 64** هو الأفضل **(Kheiralla *et al.*, 1997)**. علاوة على ذلك، فقد سجلت أصناف قمح الخبز C 306، K 8027، K 65 قيماً عالية لضغط إمتلاء خلايا الأوراق وحالة الماء تحت ظروف الإجهاد مقارنة بالأصناف UP 2003, HUW 234, HD 2329 **(Yadav *et al.*, 2001)**.

وتمتاز أصناف قمح الديورم المحلية سوهاج 3 وبنى سويف 1، 3 بتحملها العالى للإجهاد البيئى وأعطت أصناف قمح الديورم الأجنبية Gallareta، Norin 16، Rabi/ 3/G11، Om rabi 6، Sabilla، Bit/ Cereso قيم أقل من الوحدة لدليل الحساسية للجفاف. وأظهرت الأصناف Om rabi 5، Rufom - 2، Alcamin تميزاً في محصول الحبوب تحت ظروف الأمطار القليلة بمحافظة شمال سيناء مقارنة بالأصناف Hurani، Rufom - 4، Hel/ 3/ Bit **(Abd - El-Moneim, 1993)**. وكان الصنف الأجنبى Capeity 8 أكثر تحملاً للجفاف مقارنة بالصنف Creso **(Mastrangelo *et al.*, 2000)**.

وتعتبر أنواع جنس Aegilops مثل ***Ae. Kotsehyi, Ae. Variabilis, Ae. speltoides, Ae. umbellulata*** مصادر وراثية هامة فى برامج تربية القمح لتحمل الجفاف (عن: **Singh, 2001**).

الشعير **Barley**

أشارت نتائج تجارب التقييم الصنفى والثبات، تميز أصناف الشعير العارى المستنبطة حديثاً جيزة 129 وجيزة 130 وجيزة 131 بالتبكير فى النضج وتحمل الجفاف ومقاومة الأمراض والمحصول العالى الثابت **(El - Sayed *et al.*, 2003 and Anonymous, 2005)**.

هذا وقد أظهرت أصناف الشعير جيزة 125 وجيزة 126 تحملاً عالياً لنقص الماء وكفاءة أعلى فى إستخدام الماء تحت ظروف الإجهاد مقارنة بالأصناف جيزة 123 وجيزة 124 وجيزة 127 **(Khater, 2002)**

وفى تجارب مقارنة الصنف جيزة 123 بسلالة الشعير العارى المبشرة {HBL 93/2 HANNA} (CI 13346)، كان الصنف جيزة 123 أكثر قدرة على تحمل العطش **(Tarrad *et al.*, 2002)**.

لذا فقد تم إستنباط صنف الشعير جيزة 2000 ليلائم المناطق الجديدة والزراعات المطرية **(Ahmed *et al.*, 2003)** وقد أظهرت المصادر الوراثية الأجنبية Rihan، Beecher، Lignee 640/ B95/ cell متوسط أداء أفضل تحت الظروف المطرية عن الأصناف Harmal، Arizona 5908، Vino "S"/ NS 23 **(Abd - El-Moneim and Ammar, 1998)**.كما تفوقت السلالة السورية ICB - 82 - 0347 فى كفاءة إستخدام الماء تحت ظروف المطر الشحيح على الصنفين ICB - 83 - 0211، ICB - 83 - 0905 **(Abd El - Maaboud and El-Sebsy, 2004)**.

الأرز **Rice**

تتباين أصناف وسلالات الأرز فى تحملها للظروف البيئية الشاذة وتعتبر الأصناف الحديثة سخا 104 وجيزة 178 عالية التحمل للإجهاد الرطوبى.وقد تميزت أصناف الأرز

المحلية جيزة 172 وجيزة 159 والأجنبية IET 1444 و Dular، Blue belle بتأثيرات جينية موجبة ومعنوية فى تحمل الجفـاف. كمـا تمـيز هجين الأرز جيزة 172 × IET 1444 بأبوين يجمعا بين صفـات الضغـط الاسموزى المرتفـع والـوزن الجـاف العالى للسـاق والجذور تحت ظروف الجـفـاف. وتمـيز الأب جيزة 159 بقدرة ائتـلافية جيـدة لتركيز البـرولين، فى حين كـانت الأصـناف جـيـزة 171 وجـيـزة 175، Arabi، E. 261، E 262، Sd 113، IR 1626، IR 28 الأقل فى تلك الصفات والأكثر حساسية للجفـاف **(Ismail *et al.*, 1999)**.

وتتميز الأصناف الهندية 10- NDR 1075، 10 - NDR 1053 بتحملها للجفاف، فى حين أعطى الصـنف 3 - NDR 1041 أقل إنتاجيـة تحت ظروف الشـد الرطوبى **(Singh and Singh, 2003)**. كما تميز الصنف الهندى N_{22} بتحمله العالى للجفاف **(Khanna *et al.*, 2003)**. وكـــذلك الصـنف Koli Joha **(Chutia and Borah, 2003)** وانفــردت ســلالات الأرز 18 - D و 19 - D و 32 - D، و79 - D و 82 - D و 86 - D بخصائص جذور جيدة وحددت كمصـادر جيدة لتحمـل الجفـاف **(Mane *et al.*, 2003)**.

الذرة الشامية Maize

تتباين هجن الذرة الشامية فى تحملها للجفاف ويتوقف ذلك على التركيب الوراثى للسلالات الأبوية الداخلة فى تركيب الهجن. وتحت الظروف المصرية، أمكن إستنباط مجموعة من الهجن الفردية والثلاثية عالية الإنتاج تجود زراعتها بالأراضى الجديدة والمستصلحة حديثاً مثل الهجن الفردية البيضاء: جيزة 10 و 122 و 123 و 124و 129 وطنية 4 وبشاير 13 والهجن الفردية الصفراء: جيزة 155 و بيونير 3062 و 3084، والهجن الثلاثية البيضاء: جيزة 310 و 320 و 321 و 322 و 323 و 324 و 326 وطنية ونفرتيتى، والهجن الثلاثية الصفراء: جيزة 351 و 352 وذهب **(Anonymous, 2006)**.

وفيما يتعلق بالمصادر الأجنبية، فقـد تميزت هجـن الصـفـوة الهندية من الذرة الشـامية TC 21 - 11 - F - 1 - F، A 61 HS - 69 - F - L × PC2 HS - 31 - F - L × IPA 8 - 9 - F - 3 - F - 1 بتحملها العالى للشد الرطوبى **(Singh *et al.*, 2003 b)**

كما انفرد التركيب الوراثى VS - 201 بكفاءة عالية فى الضبط الاسموزى مقارنة بالمصدر الوراثى SINT - S **(Picon and Rodriquez, 1990)** وصنفت تراكيب الذرة الشامية Kiskun 4288/9، آمون، كرنك، Corn belt، Kiskun 4310/9 كتراكيب وراثية مقاومة للجفاف (DSI < 1)، فى حين كانت الأصناف جيزة 2 و S. C. xy و Kiskun 29719 حساسة للجفاف **(Essam, 1992)**.

هذا وقد تميزت السلالات الهندية 1040، 1035، 1025، 536، HI - 209، 1324 بصفات فسيولوچية جيدة مكنتها من تحمل الجفاف **(Kumari *et al.*, 2003)**، وأنفردت السلالة IS 2219 بقدرة عامة على الائتلاف لصفات عدد الأيام من الزراعة حتى النضج، طول الجذور، ووزن الجذور، وعدد الجذور ونسبة الانبات، ومحتوى البرولين ونشاط أنزيم Nitrate reductase تحت ظروف الجفاف. وتميز الهجين CML 32 × CML 25 بارتفاع محصول ووزن الحبوب؛ والهجين IS 2219 × IS 220 فى محتوى البرولين تحت ظروف الإجهاد **(Nayeem and Makajan, 2003)**. وكانت السلالات الهندية Ib_3, Ib_7, Ib_8 أكثر قدرة على تخليق حمض الابسيسيك ABA وأكثر مقاومة للجفاف مقارنة بالسلالات $Ib_1, Ib_2, Ib_4, Ib_5, Ib_6$ **(Varade *et al.*, 2003)**.
كما كانت السلالات IPA - 3 - 20، IPA 29 - 3، IPA 29 - F، FSA 17 - 2 والهجن Com. 8527 × 85164 ⊗ 1، Com. 8527 × 85164 ⊗ 4، A 68 ⊗ 2 - 5 × Com. 8527 أكثر تحملاً للجفاف. وأظهرت سلالتى الذرة الصفراء Ay 2، Ay 3 قيم منخفضة لدليل الحساسية للجفاف 0.75 و 0.69، على الترتيب، وأنه يمكن إستخدامهما فى المستقبل فى برامج تربية الذرة الشامية كمصادر للجينات المرغوبة لتحمل الجفاف **(Abdel - Sttar and Ahmed, 2004)**.

الذرة الرفيعة Sorghum

أظهر صنف الذرة الرفيعة شندويل 6 تميزاً فى المقاومة للجفاف فى تجارب التقييم النهائى مقارنة بالأصناف مينا وشندويل – 2 وحورس **(El - Nagouly *et al.*, 2001)**.

أشارت تجارب غربلة وإنتخاب 80 جيرمبلازم من الذرة الرفيعة، تميز السلالات A 23، V - 138، A - 1، V - 273، A - 90003 فى قدرتها على تحمل الجفاف،

بينما كانت التراكيب **R - 89064** ، **R - 89022** ، **R - 90011** ، **A - 90** ، **A - 88006** أكثر حساسية لظروف نقص الماء وتباينت باقى السلالات فى تحملها للجفاف (**Al - Naggar *et al.*, 1999**).

إلى جانب هذا، أعطت تراكيب الذرة الرفيعة A 4R ، A 35 والهجن AT × 3197 ، AT × 623 أقل القيم لموت الأوراق وكانت الأفضل فى إستدامة الخضرة مقارنة بالتراكيب A2 - 2 (B) × R 322 (Sh) ، A 807 × R 8503 ، A1 × P 46 -1 ، A1 × Glcc 515 ، A1 × Tx 430 (**Mostafa, 2001 b**).

وتفوقت الأصناف الأجنبية الهندية RSPG - 13, RSPG - 15, IS - 40302, SRS - 1, SRS - 3, SRS - 6, SRS - 7, SRS - 13, RSLG - 73 - 5 فى محصول الحبوب تحت ظروف الجفاف مقارنة بصنف المقارنة CSV - 14 R (**Patil *et al.*, 2003**). وأظهرت الأصناف RSP - 3 ، M 35 - 1 ، RSLG 241 ، RSLG 277 أقلمة عالية لظروف الإجهاد الرطوبى (**Jirali *et al.*, 2003**). وتميزت التراكيب الوراثية DSV - 4 ، RSP - 3 RSLG - 262 ، M35 - 1 بصفات فسيولوچية جيدة تمثلت فى إرتفاع، محتوى الماء النسبى، معدل التمثيل الضوئى، معدل النتح ودليل الحصاد. كما تميزت التراكيب الوراثية RSLG - 262, DSV - 4, DSV - 5, E 36 -1, 296 B بصفة البقاء أخضر وتأخر الشيخوخة (**Pawar *et al.*, 2003**) فى إشارة إلى أهميتها فى برامج تربية الذرة الرفيعة لتحمل الجفاف.

الفول البلدي **Faba bean**

أظهرت نتائج تجارب التقييم، أقلمة وثبات أصناف الفول البلدى نوبارية 1 وجيزة 40 وجيزة بلانكا وجيزة 429 وجيزة 674 تحت ظروف الأراضى الجديدة المتأثرة بالجفاف ومناطق مصر العليا. وتميزت أصناف الفول البلدى جيزة 402 وجيزة 2 وسلالاتها من الجيل الخامس للهجن جيزة 461 × M - 103 ، وجيزة بلانكا × M - 127 ، وجيزة 461 × جيزة 2 ، وجيزة 2 × M - 102 وجيزة بلانكا × جيزة 2 بمستوى عالى من تحمل ظروف الشد الرطوبى، فى حين تباينت التراكيب الوراثية **M - 103** ، M - 127

وجيزة 461 في حساسيتها للإجهاد، حيث كانت بصفة عامة أقل تحملاً للجفاف (Omar, 2003).

وأيدت دراسة **درويش وآخرون (1999) أقلمة** وثبات أصناف الفول البلدى جيزة بلانكا وقاهرة 241 وجيزة 674 وجيزة 716 وجيزة 717 لظروف البيئات الفقيرة، في حين تجود الأصناف جيزة 2 وجيزة 3 وقاهرة 375 وجيزة 429 وجيزة 461 تحت ظروف البيئات الجيدة. وقد أعطى صنف الفول البلدى جيزة 643 أعلى محصول بيولوجي وبذرة وقش ومحتوى كربوهيدرات وبروتين متفوقاً بذلك على الصنفين جيزة 429 وجيزة 843 تحت ظروف الإجهاد المائى **(Kassab, 2004)**.

كما أكدت دراسات الثبات المظهرى والوراثى **لعواد (2002)** الأداء الجيد للأصناف جيزة بلانكا وجيزة 429 تحت ظروف البيئات القاسية، في حين كانت الأصناف جيزة 461 وجيزة 714 أكثر إستجابة لظروف البيئات الملائمة. وكان أكثر الأصناف ثباتاً وقبولاً تحت مدى واسع من الظروف المتباينة الصنف جيزة 843 وجيزة 957 وجيزة 3 محسن.

الحمص Chickpea

أظهر التحليل العنقودى تميز سلالات الحمص Line 1, Line 2, Line 3, Line 4, FLIP 87 - 51C, FLIP 87 - 58 C, ILC 6023, ILC 5364, ILC 4339, ILC 4236 بالقدرة العالية على تحمل الجفاف مقارنة بالأصناف جيزة 88 ، جيزة 531 والسلالات FLIP 87 - 5C, FLIP 87 - 7 C, ILC 3842, ILC 3832 **(Bayoumi and Eid, 2004)**.

وأشارت نتائج الدراسات إلى تميز الصنف الأجنبى RSG 931 بمحتوى عالى من الكلوروفيل ومحتوى الماء النسبى والمحصول المرتفع تحت الظروف المطرية فى الهند **(Kumar et *al.*, 2003 a)** وكذلك الصنف BGD - 72 **(Kushwaha *et al.*, 2003)**. وأعطت التراكيب الوراثية Pusa 391 ، IPC 94 - 132 ، Pusa 362 ، BG 364 ، BG 365 ، Pusa 256 مستويات محصول عالية تحت ظروف الإجهاد الرطوبى وأنه يمكن إستخدامها كمصادر وراثية لتحمل الجفاف في برامج تحسين الحمص **(Kumar *et al.*, 2003 c)**.

الترمس Lupine

تختلف أصناف الترمس المحلية فى أقلمتها تحت الظروف المصرية، وتجود زراعة الأصناف جيزة 9 وسيناء 1 وجيزة 4 وجيزة 51 تحت الظروف المطرية. وتتميز بتحملها للعطش كما تصلح للزراعة فى الوجه القبلى، فى حين يجود الصنف جيزة 370 فى منطقة الدلتا **(Anonymous, 2005)**.

وتفوقت أصناف الترمس الاسترالية ذات الأوراق الضيقة Belara, Quilinock فى المحصول على صنف المقارنة Merrit بـــ 29٪ و 77٪، على الترتيب **(Palta *et al.*, 2002)**.

الفول السوداني Peanut

تتميز أصناف الفود السودانى المحلية جيزة 5 وجيزة 6 وإسماعيلية 1 والصنف الأجنبى جريجورى بمستويات محصول أعلى من الصنف جيزة 4 تحت ظروف الأراضى الجديدة حديثة الاستصلاح **(Anonymous, 2005)**. هذا وقد أشارت دراسات المقارنة الصنفية لتحمل ظروف الشد الرطوبى، إلى تميز صنفا الفول السودانى إسماعيلية 1 وجريجورى بكفاءة عالية لاستخدام الماء حال التعرض لظروف الإجهاد الرطوبى مقارنة بالصنف جيزة 6 والسلالة NC - 7 **(Hefny and Hokam, 2005)**.

وقد تميزت الأصناف o - H8 و 0 - H9 بأعلى مستويات محصول وثبات تحت الظروف القاسية، وأندرجت الأصناف $_{39}$ F H_{11} و A - H_{17} فى المرتبة الثانية فى المحصول وكانت متأقلمة لمدى واسع من الظروف البيئية المتباينة **(El - Mandoh and El - Sawy, 1996)**.

وتميزت سلالة الفول السودانى الهندية TAMV2 NLM بقدرة عامة جيدة على الائتلاف لصفة محتوى كلوروفيل الورقة والمساحة النوعية للورقة ونظير الكربون $\Delta\ ^{13}C$ (كفاءة استخدام الماء) والسلالتين Chico, TAG 24 فى دليل الحصاد **(Chuni - Lal, 2006 b)**

فول الصويا Soybean

بدراسة إستجابة سبعة أصناف من فول الصويا تنتمى لخمس مجموعات من النضج وهى ميكول، هاردن، كورسوى، هويت، ميد، كلارك وكراوفورد لثلاث مستويات مختلفة من الإجهاد الرطوبى هى 20 و 35 و 50 ٪ من السعة الحقلية، تفوق الصنف كلارك فى محصول البذور/ فدان ونسبة الزيت يليه الصنف كراوفورد، فى حين كان الصنفان ميكول وهاردن هما الأقل **(El - Karamity, 1998)**. وتواصلاً مع هذه النتائج فقد أكد **عطا الله (2001)** تفوق صنف فول الصويا كلارك فى محصوله تحت ظروف الأراضى الرملية حديثة الاستزراع يليه الصنف كراوفورد وكولومبس، فى حين كانت الأصناف ميكول وايفانس وهاردن أقل تأقلماً.

الكانولا Canola

أظهرت سلالات الكانولا G 4، G 8 التابعة لـ *Brassica napus* و G9, G10 التابعة لـ *B. campistris* و G12 التابعة لـ *B. juncea* أداء جيد وتحمل عالى للجفاف بناءً على قياسات تحمل الجفاف لمحصول البذور والزيت مقانة بباقى التراكيب تحت الدراسة **(Keshta, 1998)**. وتميز صنفا الكانولا السرو 8 وباكتول معنوياً فى محصول البذور والزيت على الصنف السرو 4 تحت ظروف الأراضى الرملية **(Leilah *et al.*, 2004)**. كما تفوق صنفا الكانولا Westar, AD 201 فى محصول البذرة على الصنف Brutor تحت ظروف الشد الرطوبى **(El - Saidi *et al.*, 1992)**.

القطن Cotton

يوصى بزراعة الأصناف جيزة 83 وجيزة 89 وجيزة 90 وجيزة 91 تحت ظروف محافظات الوجه القبلى والبيئات الأقل ملاءمة، فى حين تزرع أصناف القطن جيزة 45 وجيزة 85 وجيزة 86 وجيزة 88 فى البيئات الجيدة ذات الظروف الملائمة

وقد أظهرت دراسات الثبات المظهرى **لعواد ونصار (2001)** تميز أصناف القطن المصرى جيزة 75 وجيزة 76 وجيزة 77 وجيزة 80 بدرجة عاليه من الأقلمة وثبات محصول القطن الزهر ومحتوى البذرة من الزيت تحت ظروف منطقه الحظارة كبيئة أقل

ملاءمة، فى حين كانت الأصناف جيزة 45 وجيزة 85 وجيزة 86 أكثر ملاءمة لظروف البيئات الجيدة. وأظهر صنف القطن جيزة 89 ثباتاً تحت الظروف البيئية المختلفة.

وفيما يتعلق بالمصادر الأجنبية فقد أعطت أصناف القطن الهندية **GSHH 1444**، GTHH 49، GSHV 97/13، Sahana، GJHV 49 محصولاً عالياً تحت ظروف الشد الرطوبى **(Kumar *et al.*, 2003 b)**. وكانت أكثر الهجن/ أو الأصناف تحملاً للجفاف بناءً على تقديرات المحصول تحت ظروف الإجهاد الرطوبى، هى على الترتيب هجن desi hybrid > **hirsutum** hybrid > multispecies > hirsutum var. > herbaceum var . ولكن بناءاً على التحمل وإستناداً إلى نسبة النقص فى المحصول، فقد تميزت هجن الأنواع المتعددة **Multispecies** crosses بأعلى درجة من التحمل يليها الأصناف التابعة لـ *G. herbaceum* ثم هجن desi وهجن *G. hirsutum*، وكانت الأصناف التابعة لـ *G. hirsutum* هى الأقل تحملاً للجفاف **(Patel and Kumar, 2003)**.

كما تميزت أصناف النوع *G. arboreum* بمستوى أعلى من التحمل للجفاف أكثر عن الأصناف التابعة للأنواع *G. hirsutum* و *G. barbadense* **(Perumal and Chakrabarty, 2003)**. إلى جانب ذلك أظهرت التراكيب التابعة لـ *G. herbaceum* أعلى كفاءة لاستخدام الماء يليها تراكيب *G. arboreum*، فى حين كانت أصناف النوع ***G. hirsutum*** هى الأقل. وقد سجلت الأصناف 12 - 3 - **DB**، 51 - R، Jayadhar التابعة للنوع ***G. herbaceum*** قيماً عالية لكفاءة إستخدام الماء وتحملاً أعلى للجفاف، إلا أن متوسط محصول الأصناف التابعة لـ *G. hirsutum* كان أعلى يليها أصناف النوع *G. arboreum* ثم أصناف النوع *G. herbaceum* **(Ninganur *et al.*, 2003)**.

قصب السكر Sugar cane

تتميز الأصناف المحلية جيزة 85 - 166، جيزة 86 - 20، جيزة 87 - 73 والأجنبية Ph 8031 - 8، F160 - 10, F 100 بالمحصول العالى تحت الظروف القاسية. كما إنفردت أصناف قصب السكر **Co. 95011**، Co. 82081، Co. 86032، **Co. 95017**، Co. 95014، Co. 93076 بإنتاج محصول سكر جيد تحت ظروف الجفاف مقارنة بباقى التراكيب المدروسة **(Venkataramana *et al.*, 2003)**.

ويعتبر النوع *Saccharum spontaneum* أحد المصادر الوراثية الهامة لمقاومة الجفاف في برامج تربية قصب السكر (عن، **Singh, 2001**).

البرسيم الحجازي Alfalfa

أظهر الصنف التركيبي «نوبارية» تحملاً عالياً للجفاف والملوحة مقارنة بالأصناف المحلية سيوة وإسماعيلية 92 والأمريكي WL - 605 (**El - Nahrawy *et al.*, 1997**). وتميزت الأصناف إسماعيلية 1 ونوبارية 1 وجيزة 1 والأجنبي DMR بأعلى محصول مقارنة بالصنف المستورد WL - 605 تحت ظروف الأراضي الرملية والجيرية (**Abdel - Halim *et al.*, 199**).

وتجدر الإشارة إلى أهمية المصادر الوراثية عالية التحمل سواء المحلية أو الأجنبية أو الأنواع القريبة من جنس المحصول في برامج تربية المحاصيل، على أن درجة تحمل هذه الأصناف قد تتغير نتيجة عوامل بعضها يعزى إلى الوراثة والبعض الآخر يعزى إلى ظروف البيئة، وفي هذه الحالة تستبدل ليحل محلها أصناف أخرى أكثر تحملاً.

الباب الرابع

السلوك الوراثي لتحمل الجفاف والصفات المرتبطة في المحاصيل الحقلية

الباب الرابع
السلوك الوراثي لتحمل الجفاف والصفات المرتبطة في المحاصيل الحقلية

Cenetic behaviour of drought tolerance and relevant characters in field crops

مما لا شك فيه أن القدرة على تحمل الجفاف تعتبر صفة كمية معقدة يتحكم فيها العديد من الچينات، ويتأثر سلوك السلالات والأصناف والهجن إلى حد كبير بظروف البيئة التي يعيش فيها النبات. ولذا فإن مربى النبات دائم البحث عن الصفات النباتية المختلفة الأبسط في وراثتها، والمرتبطة بتحمل الجفاف فى التراكيب الوراثية المختلفة، حتى يتسنى له إستنباط أصناف من المحاصيل الحقلية أقدر على تحمل ظروف الإجهاد الرطوبى.

وسوف نستعرض فيما يلى السلوك الوراثى لتحمل الجفاف والصفات المرتبطة فى بعض المحاصيل الحقلية الهامة.

القمح Wheat

لما كانت إمكانات التوسع الأفقى فى الأراضى الجديدة مرهونة باستنباط أصناف عالية التحمل لظروف الجفاف، ولما كان القمح واحداً من أهم المحاصيل الاستراتيچية فى مصر والعالم كمحصول غذائى يمكن زراعته فى هذه الأراضى، فإن دراسة السلوك الوراثى يعتبر من الأهمية بمكان عند البدء فى تنفيذ برنامج تربية لاستنباط أصناف تتحمل الجفاف.

* ويعتبر دليل الحساسية للجفاف والتبكير فى النضج من المعايير الهامة فى برامج تربية القمح لتحمل الجفاف. وتشير الدراسات إلى أهمية كل من الفعل الچينى المضيف والسيادى فى وراثة دليل الحساسية للجفاف والتبكير فى النضج، مع وجود دور أكبر للتأثير المضيف للچينات (Bayoumi, 2004). ولقد أشار عمار (2003) إلى أهمية الفعل الچينى السيادى فى وراثة دليل الحساسية للجفاف وحصل على تقديرات متوسطة لمعامل

التـوريث في المعنى الخاص (31٪). وأتجهت قيم معامل التوريث إلى الانخفاض من ظروف الرى الكامل إلى ظروف الإجهاد لصفات التبكير ومحتوى كلوروفيل الورقة والمحصول ومعظم مكوناته، وقد أعـزى ذلك إلى تأثير الإجهـاد الرطوبى فى حجب التعبير الجينى.

* وتعتبر صفة إستدامة وطول فترة حياة ورقة العلم من محددات المحصول تحت ظروف الجفاف، ويحكم وراثة الصفة الفعل الجينى المضيف **(Simon, 1999)** وقد تسلك سلوك الصفات الكمية التى يتحكم فيها عديد من الجينات على الكروموسومات 2D, 2B **(Verma *et al.*, 2004)**.

* ويحكم المقاومة للإجهاد المائى المستحث (المُحدث) لعقم القمة Water stress induced apical sterility فى سلالة القمح Y 82187 إثنين من الجينات المكملة ذات التأثير التفوقى على الكروموسوم 3A وأىٍ من الكروموسومات 3D أو 5D أو 6D **(Mohammady *et al.*, 2002)**.

* ويؤثر على ترسيب الشمع على أسطح نباتات القمح سلسلة من الاليلات السائدة أو المتنحية $w_1, W_1, W_1^1, W_2a, W_2b, W_2^1$ على الجينومات B أو D **(Bianchi *et al.*, 1980)**.

* ويتحكم چين فردى سائد Hl_2 على الكروموسوم 7 B فى وراثة وجود الزغب على أوراق القمح حيث أنعزلت الصفة بنسبة 3 بزغب : 1 بدون زغب فى عشيرة الجيل الثانى للهجين Chinese Siring × Hon - mang - mai **(Shin Taketa *et al.*, 2002)**.

* وإستناداً إلى الدور الهام لخصائص المجموع الجذرى فى علاقتها بتحمل الجفاف فقد أشارت الدراسات الوراثية إلى وجود زوج أو زوجين من العوامل الوراثية تتحكم فى وراثة صفة طول السلامية تحت التاج **(Mckenzie, 1971)**، وعديد من الچينات تتحكم فى وراثة أقصى قطر لأوعية الخشب وعدد الجذور الجنينية وعدد أوعية الميتازيلم ونسبة وزن المجموع الجذرى إلى الخضرى فى أقماح الخبز **(Richards and Passioura, 1981 b)**. وظهر أهمية كلٍ من الفعل الچينى المضيف والسيادى فى وراثة صفتى عدد الجذور الجنينية وطول منطقة التاج مع سيادة المكون المضيف فى وراثة طول منطقة التاج.

وكانت السيادة هى الأهم فى وراثة عدد الجذور الجنينية ونسبة الانبات تحت ظروف إجهاد رطوبى قدره – 8 بار (Islam *et al.*, 1999).

* وفيما يتعلق بالخصائص الفسيولوچية والكيموحيوية المرتبطة بتحمل الجفاف فى القمح أفاد تحليل العشائر الستة فى القمح (Malik and Wright, 1995) أن صفات صافى التمثيل الضوئى وكفاءة إستخدام الماء ومحتوى الماء النسبى وفقد الماء من الأوراق المفصولة تورث طبقاً للموديل الوراثى البسيط مع تقديرات عالية (> 50.٪) لمعامل التوريث فى المعنى الخاص، وأعزى ذلك إلى تحكم عدد قليل من الچينات الرئيسية.

ويسلك المحتوى العالى لحمض الابسيسيك والمرتبط بنشاط الثغر سلوك الصفات البسيطة ذات معامل التوريث المرتفع (Austin *et al.*, 1982).

وبتطبيق تحليل العشائر الستة على خمسة هجن بين ستة آباء من قمح الخبز متباينة فى تحملها للجفاف هى (1) سخا 69 × ساحل 1 (2) سخا 69 × Shi # 4414/ Crow (S) (3) ساحل 1 × Bocro 4 (4) جيزة 168 × جيزة 5 (5) Shi # 4414 Bocro 4 × Crow(S) لدراسة السلوك لوراثى للصفات الفسيولوچية المرتبطة بتحمل الجفاف (Salem *et al.*, 2003) أظهرت النتائج ما يلى (جدول 1 - 10) :

1 – أن الموديل الوراثى البسيط هو الملائم لتفسير وراثة محتوى الورقة النسبى من الماء فى ثلاث هجن، فى حين كان الموديل الوراثى غير البسيط هو المتحكم فى وراثة معدل النتح والضغط الاسموزى ومحتوى والبرولين والكلوروفيل فى معظم الحالات.

2 – لعب الفعل الچينى المضيف دوراً هاماً فى وراثة محتوى البرولين والكلوروفيل فى معظم الهجن ومعدل النتح والضغط الاسموزى فى إثنين من الخمسة هجن المدروسة، ومن ثم كانت قيم معامل التوريث فى المعنى الخاص عالية (> 50٪). فى حين كان الفعل الچينى السيادى هو المتحكم فى وراثة محتوى الماء النسبى فى معظم الهجن وتراوحت تقديرات معامل التوريث لها من منخفضة (13٪) إلى متوسطة (37٪).

– أظهرت دراسة El-Borhamy (2004) أهمية كلٍ من الفعل الچينى المضيف والسيادى، مع دور أكبر للفعل المضيف للچينات فى وراثة المقاومة الثغرية ودرجة حرارة

الورقة ومعدل النتح، مع تقديرات متوسطة (30 - 40٪) لمعامل التوريث فى المعنى الخاص وعالية (> 50٪) لمعامل التوريث فى المعنى العام.

جدول (1 - 10): مكونات التباين الوراثي ومعامل التوريث لبعض الصفات الفسيولوجية في خمسة هجن من قمح الخبز

الهجين	المؤشر الوراثي D	H	E	$\sqrt{H/D}$	Tn %
	محتوي الماء النسبي				
1	155.063	158.235	15.086	1.010	58.658
2	9.674	98.123	6.836	3.185	13.360
3	90.667	151.217	65.229	1.290	30.555
4	254.720	176.566	25.474	0.833	64.658
5	147.789	342.151	38.096	1.522	37.410
	معدل النتح				
1	10984.320	10425.255	436.303	0.974	64.435
2	9953.360	34386.452	3737.723	1.859	28.749
3	8188.570	6215.269	265.642	0.871	69.233
4	423.927	2641.341	1142.278.	2.496	10.521
5	3172.755	4283.650	289.985	1.162	53.825
	الضغط الاسموزي				
1	11.091	19.190	0.372	1.315	51.754
2	0.523	2.559	0.368	2.212	20.603
3	7.761	1.945	0.310	0.501	82.974
4	0.2003	4.354	0.245	4.662	6.985
5	6.998	1.329	0.345	0.436	83.783
	محتوي البرولين				
1	68.151	52.851	0.403	0.881	71.145
2	51.948	0.597	0.500	0.107	97.561
3	8.776	20.809	3.612	1.539	33.237
4	78.880	31.699	0.441	0.634	82.501
5	6.538	22.079	1.445	1.838	31.943
	محتوى كلوروفيل الورقة				
1	28.454	9.510	2.167	0.578	75.790
2	180.100	197.696	8.861	1.048	60.707
3	16.852	22.036	13.494	1.144	30.719
4	39.029	13.695	2.787	0.592	75.857
5	59.214	24.870	8.564	0.648	66.699

D: التباين المضيف   H: التباين السيادي

E: التباين البيئي   Tn: كفاءة التوريث في المعني الخاص.

(عن، سالم وآخرون، 2003).

الشعير Barley

يمثل الشعير واحداً من المحاصيل ذات الأهمية الخاصة، لاسيما تحت ظروف الأراضى الهامشية، حيث تهدف سياسة الدولة إلى التوسع فى زراعته بالساحل الشمالى وسيناء والأراضى الجديدة الفقيرة للمساهمة فى سد الفجوة القمحية، خاصة بعد إستنباط أصناف عارية الحبوب من الشعير مثل جيزة 129 وجيزة 130 وجيزة 131 يمكن إستخدامها فى صناعة الخبز خلطاً مع دقيق القمح وفى صناعات غذائية وصحية أخرى.

* وقد أمكن تحديد حوالى 56 موقع چينى تتحكم فى ترسيب الشمع على طبقة الابيكيوتيكل، وذلك بالتأثير على تخليق - Hydroxy - B - diketones and B diketones **(von Wettstein, 1972)**.

* وتتباين تراكيب الشعير الوراثية فى خصائص المجموع الجذرى. وقد سُجل إرتباط موجب ومعنوى بين محصول الحبوب تحت ظروف الجفاف وكلٍ من أقصى طول للجذر وعدد جذور النبات عند 40 يوم والذى تزامن مع إرتفاع تقديرات معامل التوريث لتصل إلى (67٪) لصفة أقصى طول للجذر و (75٪) لصفة عدد جذور النبات، مقترحاً إمكانية الانتخاب لهاتين الصفتين عند هذا العمر لتحسين القدرة المبكرة لنبات الشعير على مقاومة الجفاف **(Kadry and Husseine, 1987)**.

* تراوحت تقديرات معامل التوريث فى المعنى الخاص من متوسطة إلى عالية لمحتوى الماء النسبى فى عشائر الجيل الثالث بين آباء متباينة فى تحملها للجفاف وكانت التأثيرات الوراثية عالية لمؤشرات التمثيل الضوئى للسنبلة (معدل تمثيل ثانى أكسيد الكربون وتركيز ك أ$_2$ بين الخلايا ودرجة التوصيل الثغرى) تحت ظروف الجفاف **(Arnau and Monneveux, 1995)**.

* تراوحت تقديرات معامل التوريث فى المعنى الخاص لكثافة الثغور على ورقة العلم من 81 - 84٪ تحت ظروف الإجهاد المتوسط ومن 35 - 72٪ تحت ظروف الإجهاد الشديد **(Omara and Hussain, 1988)**.

* يلعب كل من الفعل الچينى المضيف والسيادى دوراً هاماً فى وراثة محصول حبوب النبات تحت ظروف عدم الإجهاد، بينما مثل الفعل الچينى المضيف الدور الأهم

تحت ظروف الإجهاد وانخفضت تقديرات معامل التوريث من ظروف الرى العادى إلى ظروف الإجهاد **(El - Seidy, 2003)**.

الأرز Rice

يعتبر الأرز من المحاصيل الغذائية والتصديرية الهامة. ولعل أهم الأهداف الرئيسية التى يسعى إليها برنامج بحوث الأرز هو إستنباط أصناف جديدة ذات إنتاجية عالية مقاومة للآفات الزراعية تتحمل ظروف البيئة غير الملائمة. ونظراً لأهمية مياه الرى، فقد أسهم إستنباط الأصناف قصيرة العمر (110 - 120 يوم) فى توفير جزء كبير من مياه الرى المستخدمة فى زراعة الأرز بحوالى 20 - 30٪ من الاستهلاك الحالى، وقد أظهرت دراسات السلوك الوراثى على محصول الأرز ما يلى:

* كان المكافئ الوراثى للمقاومة للجفاف من خلال مقاومة إقتلاع الجذور متوسطاً (43٪)، وعالياً لسمك الجذور (61٪) وأقصى طول للجذر (53٪)، فى حين كان منخفضاً (18٪) لحجم المجموع الجذرى. وسجل إرتباط معنوى بين تلك المؤشرات وتحمل الجفاف **(Ekanayake *et al.*, 1985)**.

* يوجد چين أو زوج من الچينات تحكم وراثة صفة التفاف الأوراق فى عشائر الجيل الثانى الناتجة من تهجين أصناف الأرز المقاومة للجفاف Moroberekan و IET 1444 و Gaor مع الأصناف الحساسة سخا 101 و سخا 102 **(Abd Allah, 2004)**.

* يتحكم الفعل الچينى المضيف فى وراثة الابيكيوتيكل الشمعى، وكانت تقديرات معامل التوريث عالية بالمعنى العام (77٪) والخاص (62٪) وأظهرت الصفة ثباتاً وراثياً عالياً **(Maliul Haque *et al.*, 1992)**.

* أشارت دراسة مكونات المقاومة للجفاف سواء التى تسهم فى الهروب أو التحمل فى ثلاث مجاميع من چيرمبلازم الأرز (Upland, bulu, aus) **(Chang *et al.*, 1985)**. إلى ما يلى :

1 - يتحكم فى التبكير فى النضج كوسيلة للهروب من تأثير الجفاف فى چيرمبلازم مجموعة الأرز (aus) عدد قليل من الچينات.

2 – يتحكم فى صفة عدد جذور النبات العديد من الچينات مع وجود قليل من الچينات المحورة، ويسود العدد القليل للجذور جزئياً على العدد الكثير للجذور. وكانت الاليلات السائدة هى المتحكمة فى وراثة صفة الجذور الطويلة والقصيرة فى معظم أصناف أرز المناطق المرتفعة والمنخفضة على التوالى.

* أظهر تحليل الداياليل بين ثمانية أصناف من الأرز، أشتملت على ثلاث من أرز الأراضى المرتفعة وصنف من أرز الأراضى المنخفضة وأربعة آباء من طرز الأرز شبه القزمية **(Armenta - Soto *et al.*, 1983; Mao, 1984 and Bashar *et al.*, 1992)** ما يلى:

1 – سلكت صفات عمق وسمك وعدد ووزن الجذور الجاف ونسبة وزن المجموع الجذرى إلى الخضرى وعدد أوعية الخشب ومساحة أوعية الخشب، سلوك الصفات الكمية المحكومة بعديد من الچينات Polygenic.

2 – أتضح أهمية كل من الفعل الچينى المضيف والسيادى فى وراثة معظم الصفات، فى حين كان الفعل الچينى السيادى هو المتحكم فى وراثة صفتى الوزن الجاف للجذور وعدد أوعية الخشب. وتراوحت تقديرات معامل التوريث فى المعنى العام من متوسطة إلى عالية (جدولى 1 - 11 و 1 - 12).

جدول (1 - 11): النظام الوراثي لخصائص المجموع الجذري المرتبطة بميكانيكية تجنب الجفاف في الأرز

الصفة	طبيعة وراثة الصفة	الفعل الچيني
عمق الجذور	عديد من الچينات Polygenic	السيادى، المضيف
سمك الجذور	عديد من الچينات Polygenic	متنحية، المضيف
العدد العالى للجذور	عديد من الچينات Polygenic	السيادى، المضيف
الوزن الجاف العالى للجذور	عديد من الچينات Polygenic	السيادى
النسبة العالية للجذور: السيقان	عديد من الچينات Polygenic	متنحية
العدد العالى لأوعية الخشب	مركبة Polymeric	السيادى
المساحة العالية لوعاء الخشب	مركبة Polymeric	السيادى، المضيف

(عن: Armenta - Soto *et al.*, 1983; Mao, 1984 and Bashar *et al.*, 1992)

جدول (1 - 12): معامل التوريث في المعني العام لخصائص المجموع الجذري في الأرز

الصفــة	النسبة المئوية (٪)	مؤشرات معامل التوريث
طول الجذر	73 - 61	متوسطة الارتفاع إلى عالية
سمك الجذر	75 - 63	متوسطة الارتفاع إلى عالية
عدد الجذور	65 - 44	متوسطة الانخفاض إلى متوسطة الارتفاع
الوزن الجاف للجذور	80 - 50	متوسطة الانخفاض إلى عالية
نسبة الجذور : السيقان	83 - 39	متوسطة الانخفاض إلى عالية
عدد أوعية الخشب	74 - 36	متوسطة الانخفاض إلى عالية
مساحة وعاء الخشب	67 - 44	متوسطة الانخفاض إلى متوسطة الارتفاع

(عن: Armenta - Soto *et al.*, 1983; Mao, 1984 and Bashar *et al.*, 1992)

وقد تناغمت هذه النتائج مع ما وجده **Toorchi وآخرون (2002)** حيث حصلوا على قيم متوسطة لمعامل التوريث لكلٍ من الوزن الجاف للجذور (47٪) ولأقصى طول للجذور/ طول الساق (46٪)، وعالية (> 50٪) لصفات أقصى طول للجذر وعدد الجذور وحجم الجذور والوزن الجاف للمجموع الخضرى والوزن الجاف الكلى ونسبة وزن المجموع الجذرى إلى المجموع الخضرى.

* ظهرت قوة هجين معنوية فى صفات طول الجذر وعدد الجذور ونسبة وزن المجموع الجذرى إلى الخضرى ووجد تفاعل غير اليلى وتفاعل بين الوراثة والبيئة **(El Hity *et al.*, 2004)**.

* يلعب الفعل الجينى المضيف دوراً هاماً فى وراثة صفات عدد الثغور/ م^2 للسطح العلوى والسفلى ومحتوى كلوروفيل الورقة، وكانت تقديرات معامل التوريث عالية **(El - Abd *et al.*, 2004)**.

الذرة الشامية Maize

تعتبر الذرة الشامية من المحاصيل الحساسة للجفاف فى الفترة من عدة أسابيع قبل

التزهير إلى عدة أسابيع بعد التزهير. ويعتبر فهم الأساس الوراثى لتحمل الجفاف من الأمور الهامة فى برامج التربية لإنتاج سلالات تتميز بمستوى عالى من التحمل للجفاف يمكن إستخدامها فى إنتاج الهجن التجارية لزراعتها فى الأراضى التى تعانى من مشاكل نقص الماء، حيث تشكل الأراضى الجديدة والمستصلحة حديثاً جزءاً هاماً فى خطة الدولة للتوسع الأفقى. ويمكن زراعة مساحات كبيرة من هذه الأراضى بهجن الذرة الشامية مع إتباع أنظمة تسميد ورى مناسبة.

* أشارت الدراسات الوراثية، أن مقاومة الجفاف فى الذرة الشامية تسلك سلوك الصفات ذات السيادة التامة أو الجزئية، مع وجود بعض التفوق. ويحكم وراثة المقاومة 3 - 5 أزواج من الچينات **(Williams, 1966)** وكانت تقديرات كفاءة التوريث المدركة للجهد الاسموزى متوسطة (46٪) **(Bolanos and Edmeades, 1991)**.

* أشارت تقديرات مكونات التباين الوراثى إلى أهمية طرز الفعل الچينى المضيف والسيادى والتفوق فى وراثة الخصائص المؤدية إلى الهروب أو تحمل الجفاف متمثلة فى التبكير ممثلاً بعدد الأيام من الزراعة حتى ظهور الحريرة وعدد الأوراق التى ظلت خضراء (البقاء أخضر) وكثافة الشعر على الورقة. وتفاوتت تقديرات معامل التوريث من منخفضة إلى عالية **(Baldo et al., 1993)**.

* ظهرت قوة هجين موجبة تفوق الأب الأحسن لصفتى محتوى الورقة النسبى من الماء والبرولين، وقوة هجين سالبة ومعنوية لدرجة حرارة هواء العرش، فى صالح تحمل الجفاف فى هجن الذرة الشامية Ib 1058 × Ib 1100، Ib 1073 × Ib 1155، Ib 1088 × Ib 1058، Ib 1073 × Ib 1143 **(Desai and Singh, 2003)**.

* يتحكم الفعل الچينى المضيف والتفاعل مضيف × مضيف فى وراثة محتوى حمض الابسيسيك فى هجينى الذرة الشامية 13432 × L55 و Polj 17 × F2، وأختلف المحتوى بين الآباء والهجن ولم يكن للأم تأثير على وراثة حمض الابسيسيك **(Ivanovic *et al.*, 1992)**

الذرة الرفيعة Sorghum

تعتبر الذرة الرفيعة من محاصيل الحبوب الصيفية الهامة التى تزرع فى مناطق الوجه القبلى، بالإضافة إلى إنتشار زراعتها فى الأراضى حديثة الاستصلاح نظراً لتحملها الطبيعى لظروف البيئة القاسية.

* يحكم ميعاد التزهير كوسيلة للهروب من تأثير الجفاف فى الذرة الرفيعة 6 چينات رئيسية أربعة منها شائعة الوجود فى چيلامبلازم الذرة الرفيعة **(Rooney and Aydin 1999)**.

* وقد أظهرت الدراسات العلمية، أن وراثة الطبقة الشمعية على أوراق الذرة الرفيعة صفة بسيطة يتحكم فيها چين فردى سائد **(Ayyangar and Pannaiya, 1941)**.

* وتعتبر صفة البقاء أخضر من المكونات الهامة لتحمل الجفاف فى مرحلة ما بعد التزهير. وقد وصف **Oosterom وآخرون (1996)** صفة البقاء أخضر، بطول فترة حياة مساحة الأوراق الخضراء، وقام بدراسة مكوناتها الآتية؛ مساحة الأوراق الخضراء عند التزهير، وتوقيت بداية الشيخوخة ومعدل الشيخوخة. وقد سجلت صفة البقاء أخضر قوة هجين فى مختلف التجارب. وكان الفعل الچينى المضيف هو المتحكم فى وراثة بداية شيخوخة الأوراق، كما كان معدل الشيخوخة البطىء سائداً على المعدل السريع.

* تأثرت صفة البقاء أخضر فى الذرة الرفيعة بخمس چينات **(Borrell *et al.*, 2000)**.

* أشارت نتائج التحليل الوراثى للهجن بين السلالتين المرباة داخلياً عاليتا الضبط الاسموزى Tx 2813 و TAM 422 وسلالة منخفضة الجهد الاسموزى QL 27 وجود أثنين من الچينات الرئيسية المستقلة تتحكم فى الضبط الاسموزى، وكان معامل التوريث للصفة مرتفعاً **(Basnayake *et al.*, 1995)**.

ولالقاء مزيد من الضوء عن طبيعة الفعل الچينى المتحكم فى المقاومة للجفاف فى الذرة الرفيعة، قام **النجلوآخرون (2002d)** بدراسة موسعة بتهجين خمسة سلالات معيدة للخصب الذكرى مع خمسة سلالات عقيمة الذكر سيتوبلازميا تختلف فى تحملها

للجفاف والحصول على 25 هجين F_1 زرعت تحت ثلاث أنظمة رى هى: الرى الكامل (الكنترول) – ومنع الرى فى مرحلة ما قبل التزهير – ومنع الرى فى مرحلة ما بعد التزهير. وأظهرت النتائج ما يلى:

1 – كان التباين الوراثى المضيف أعلى من السيادى لمعدل التبادل الغازى ودرجة التوصيل الثغرى ودرجة حرارة الورقة تحت ظروف منع الرى بعد التزهير والرى الكامل. فى حين كان التباين السيادى هو المتحكم فى وراثة صفتى درجة التوصيل الثغرى ومعدل التبادل الغازى فى مرحلة إجهاد ما قبل التزهير والمحصول تحت جميع مستويات التجريب.

2 – كانت أحسن بيئة لتعظيم كفاءة التوريث فى المعنى الخاص للتوصيل الثغرى ومعدل التبادل الغازى ومحصول الحبوب عند الإجهاد فى مرحلة ما بعد التزهير، ولدرجة حرارة الورقة فى بيئة إجهاد ما قبل التزهير.

* أُستكملت هذه الدراسة بدراسة أخرى تكميلية **للنجاروآخرون (2002 c)** لتحديد الفعل الجينى ومعامل التوريث لمحتوى الأحماض الأمينية والتى تعمل كمنظمات وحاميات إسموزية للنباتات تحت ظروف الجفاف. خلصت نتائجها إلى ما يلى (جدول 1 - 13) :

1 – أظهر التباين الوراثى السيادى أهمية أكثر من التباين المضيف فى وراثة جميع الأحماض الامينية الثمانى عشر الحرة المدروسة تحت ظروف الجفاف والرى العادى، وكانت السيادة الفائقة للأب الأعلى هى المتسيدة.

2 – كانت أعلى قيمة لمعامل التوريث فى المعنى الخاص للحمض الأمينى المثيونين (24٪) تحت ظروف الجفاف، والفالين (36.9٪) تحت ظروف الرى العادى

3 – كانت أعلى قيمة للتحسين الوراثى تحت ظروف الجفاف (41.02٪) لحمض الليسين، يليه (40.27٪) للبرولين ثم (39.73٪) للمثيونين.

* وجد جين فردى يتحكم فى محتوى الحمض الأمينى الجلايسين بيتاين وكان الفعل الجينى المضيف هو المتحكم فى وراثة الصفة، كما وجدت تأثيرات بسيطة للسيادة فى إنتاج الجلايسين بيتاين فى عشيرة الجيل الأول (**Grote *et al.*, 1994**).

جدول (13-1): بعض المؤشرات الوراثية لمحتوي الأحماض الامينية الحرة لأوراق تراكيب الذرة الرفيعة تحت الظروف العادية (الكنترول) والإجهاد في مرحلة ما قبل التزهير (أسيوط 2000)

GA %	(h^2n)%	a	$\delta\ ^2D$	δ^2A	الحمض الاميني
		الكنتـــــرول			
40.48	16.5	3.18	1.670	0.330	Alanine
32.28	36.9	1.85	0.389	0.230	Valine
29.50	10.2	4.19	1.028	0.120	Threonine
-	-	α	0.382	- 0.006	Glycine
43.38	14.3	3.35	0.225	0.040	Isoleucine
39.56	26.7	2.34	3.262	1.192	Leucine
-	-	α	0.609	- 0.022	Serine
24.98	2.3	9.27	6.313	0.147	Proline
21.39	6.2	5.49	1.618	0.107	Cysteine
-	-	α	0.561	- 0.035	Butyric acid
-	-	α	1.097	- 0.044	Metheonine
20.97	27.0	2.31	6.438	2.400	Aspartic
-	-	α	5.063	- 0.175	Phenylalanine
13.49	2.3	9.15	3.896	0.093	Histidine
20.38	23.7	2.54	30.396	9.443	Glutamic
13.95	0.80	15.90	1.516	0.012	Tyrosine
10.40	1.4	11.80	0.628	0.009	Lysine
-	-	α	0.280	0.027	Tryptophane
		الاجهـــــاد			
24.95	10.20	4.12	0.993	0.117	Alanine
13.57	2.50	8.81	1.280	0.033	Valine
5.78	1.80	10.50	0.111	0.002	Threonine
-	-	α	0.403	- 0.001	Glycine
-	-	α	0.134	- 0.022	Isoleucine
14.07	3.50	7.39	3.720	0.136	Leucine
25.36	16.20	3.13	0.245	0.050	Serine
40.27	13.90	3.52	25.218	4.055	Proline
20.94	18.20	2.79	0.253	0.069	Cysteine
8.15	0.90	14.30	0.410	0.004	Butyric acid
39.73	24.00	6.13	0.849	0.027	Metheonine
22.32	12.90	3.68	20.563	3.036	Aspartic
9.12	1.70	10.76	6.250	0.018	Phenylalanine
12.72	1.20	12.68	6.111	0.076	Histidine
7.47	1.40	12.07	54.896	0.753	Glutamic
28.81	10.40	4.12	0.995	0.117	Tyrosine
41.02	14.80	3.39	1.528	0.265	Lysine
-	-	α	0.079	- 0.008	Tryptophane

δ^2A: التباين الوراثي المضيف

$\delta\ ^2D$: التباين الوراثي السيادي

GA %: التحسين الوراثي المتوقع الانتخاب

a: متوسط درجة السيادة

(h^2n) %: معامل التوريث في المعني الخاص

(عن: النجار وآخرون c 2002)

الفول البلدي Faba bean

يعتبر الفول البلدى المحصول البقولي الأول في جمهورية مصر العربية من حيث المساحة المنزرعة والإنتاج الكلي والاستهلاك. ويلعب دوراً هاماً فى تحسين خواص التربة وزيادة خصوبتها بترك حوالى 20 - 30 وحدة آزوتية/ فدان بعد الحصاد يستفيد منها المحصول اللاحق. ومن الضرورى إنتخاب تراكيب وراثية أكثر تحملاً لظروف الإجهاد المائى حتى يمكن التوسع بزراعته فى الأراضى حديثة الاستصلاح.

وإتساقاً مع هذه الروية، قام عمـر (2003) بتقييم منتخبات فى الجيل الرابع والخامس من الفول البلدى تحت ظروف بيئية مختلفة فى ثلاث تجارب :

1 - الزراعة تحت ظروف الرى الدائم كل 30 يوم بالإضافة إلى كمية الأمطار الساقطة.

2 - الزراعة تحت ظروف الأمطار مع إعطاء رية الزراعة فقط.

3 - الزراعة الجافة إعتماداً على مياه الأمطار فقط.

وذلك بمحطة بحوث مريوط - محافظة الإسكندرية - مركز بحوث الصحراء، حيث كان معدل الأمطار 110 و 211 مم خلال موسمى 2000 /2001 و 2001 /2002، على الترتيب وأظهرت النتائج ما يلى :

1 - كانت درجة التوريث عالية لمنتخبات الجيل الخامس لصفات وزن المائة بذرة وعدد قرون النبات وعدد بذور النبات تحت ظروف الزراعة إعتماداً على مياه الأمطار مع إعطاء رية الزراعة، فى إشارة إلى جدوى الانتخاب لهذه الصفات تحت ظروف الإجهاد المائى.

2 - كانت قيم معامل التوريث لدليل الحساسية للجفاف لمحصول البذرة 48.5، 69.3، 48.3٪ ولوزن المائة بذرة 66.8 و 58.8 و 50.4٪ بين التجربة الأولى والثانية، والتجربة الأولى والثالثة، وبين الثانية والثالثة، على الترتيب. ويشير ذلك إلى أن هناك إمكانية لتحسين تحمل الجفاف، وعزل سلالات من الفول البلدى تتحمل ظروف نقص محتوى رطوبة التربة

الحمص Chickpea

يزرع الحمص أساساً للحصول على البذور التى تستخدم كغذاء آدمى غنى بالبروتين، وقد يزرع فى بعض المناطق كعلف أخضر للحيوانات. ومحصول الحمص أكثر تحملاً للجفاف والحرارة العالية من المحاصيل البقولية الأخرى.

وقد قام **Shahal Abbo** ومساعدوه **(2002)** فى استراليا بدراسة وراثة القدرة على الضبط الاسموزى فى الحمص بالتهجين بين آباء متباينة فى الصفة، وتقييم عشائر الجيل الثانى والثالث فى الحقل والصوبة تحت ظروف الجفاف المتأخر Terminal drought. وأشارت النتائج إلى أن عملية الضبط الاسموزى واقعة تحت نظام التحكم الوراثى، ولكن بمكافئ وراثى منخفض (20 - 30 ٪).

الفول السوداني Peanut

يعتبر الفول السودانى من المحاصيل الصيفية الرئيسية فى الأراضى الجديدة والتى غالباً ما تكون رملية أو صفراء خفيفة. وهو من محاصيل التصدير الهامة ذات العائد الاقتصادى.

* أفاد التحليل الوراثى Northern analysis فى التعرف على خمسة چينات لإجهاد الجفاف هى *Sdi 1, Sdi 6, Sdi 8, Sdi 9, Pcc 3 - 6*، أظهرت أقصى تعبير عند 25٪ من السعة الحقلية. وأنه يمكن نقلها بالتطويع الوراثى إلى الأصناف الحساسة **(Sudhakar *et al.*, 2003)**.

* أظهر التحليل الوراثى بنظام الدياليل 6 x 6 لبعض الصفات الفسيولوچية المرتبطة بتحمل الجفاف فى الفول السودانى **(Chuni - Lal *et al.*, 2006)** أهمية كل من الفعل الچينى المضيف وغير المضيف فى وراثة محتوى كلوروفيل الورقة وقيم نظير الكربون ($\Delta^{13}C$) كمؤشر لكفاءة إستخدام الماء، مع سيادة الفعل الچينى المضيف. ويحكم وراثة المساحة النوعية للورقة ودليل الحصاد چينات ذات تأثير مضيف. ويدل ذلك على فعالية الانتخاب لهذه الصفات فى المراحل المبكرة من برنامج التربية لتحسين تحمل الفول السودانى للجفاف.

ولما كان محتوى الأحماض الدهنية تلعب دوراً أساسياً في المحافظة على العمليات الحيوية وحماية النبات تحت ظروف الجفاف. فقد أشارت دراسات السلوك الوراثي إلى وجود چين متنحى أو أثنين من الچينات تتحكم في وراثة النسبة المرتفعة من حمض الأوليك والمنخفضة من اللينوليك في بعض طفرات الفول السوداني، متوقفاً ذلك على التركيب الوراثي للأب (Moore and Knauft, 1989).

* وقد كان طراز التفاعل مضيف × مضيف هو المتحكم في وراثة حمض الأوليك في البيئات المختلفة. ولعب الفعل الچيني المضيف دوراً أكثر أهمية في وراثة الحمض الدهني Eicosenoic ونسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة: المشبعة في البيئة المطرية (Hari and Shyam, 1999).

فول الصويا Soybean :

يعتبر فول الصويا من المحاصيل الهامة التي نجحت زراعتها في مصر. وترجع أهميته إلى أنه من المحاصيل الغذائية والصناعية الهامة، حيث تبلغ نسبة البروتين في بذوره حوالي 40٪ والزيت 20٪. ويمتاز بروتين فول الصويا بقيمته الحيوية العالية وهي تقارب قيمة البروتين الحيواني. كما يعتبر محصول فول الصويا من المحاصيل التي تحقق ربحاً جيداً للمزارع لارتفاع سعره في الفترة الأخيرة وهو من المحاصيل التي تجود في الأراضي الخصبة والأراضي الصفراء، كما يمكن زراعته في الأراضي الرملية المستزرعة.

* وقد أظهر التحليل الوراثي لعشائر الجيل الثاني لهجن فول الصويا بين الأصناف الحساسة والمقاومة تحت ظروف الإجهاد الرطوبي في الحقل أهمية الفعل الچيني غير المضيف في وراثة وزن بذور النبات وتراوحت تقديرات معامل التوريث في المعنى العام من 46 إلى 76٪ (Sammons, 1978).

* أظهر تحليل الدياليل بين أربعة آباء متباينة في تحملها للجفاف، أثنان متحملة، وأثنان حساسة للجفاف تحت ظروف إجهاد صناعي بالبولي إيثيلين چليكول 6000 في محلول مغذى بإجهاد – 6 بار لمدة 14 يوم، أظهر أهمية الچينات المضيفة جزئية أو كاملة السيادة في التحكم الوراثي لمعدل تراكم المادة الجافة وارتفاع النبات كمؤشرات لتحمل الجفاف (Bouslama, 1983).

الباب الخامس
استراتيجية التربية لتحمل الجفاف والمحصول

الباب الخامس

استراتيجية التربية لتحمل الجفاف والمحصول

Breeding strategy for drought tolerance and yield

يعتبر تعرض نباتات المحاصيل للإجهاد الرطوبى أحد المحددات الكبرى المؤثرة على إنتاجية المحاصيل فى عديد من مناطق العالم. فقد أشارت نتائج الدراسات أن تعرض الأصناف المنزرعة للإجهاد الرطوبى يؤثر على المحصول كماً ونوعاً، على أن هذا النقص يتفاوت من محصول إلى آخر، بل ومن صنف إلى آخر فى داخل النوع المحصولى الواحد، متوقفاً ذلك على التركيب الوراثى وشدة الجفاف وتوقيت حدوثه وعوامل البيئة المحيطة المؤثرة. فعلى سبيل المثال، تعرض قمح الخبز لظروف الإجهاد الرطوبى خلال مراحل النمو الخضرى والتزهير وإمتلاء الحبوب قد تسبب عنه نقص فى محصول حبوب الفدان بنسبة 35.5 و 55.4 و 48.6٪، على الترتيب (**Moursi, 2003**). كما أدى تعرض أصناف أرز المناطق المرتفعة **Upland** لظروف الإجهاد الرطوبى الشديد إلى فاقد فى المحصول قدره 162.7 كجم/ هكتار بما قيمته 751.5 مليون دولار على المستوى القومى فى جنوب آسيا (**Chopra, 2001**). وإنخفض محصول حبوب الذرة الشامية بنسبة 56.1 ٪ عند تعرض النباتات للإجهاد الرطوبى خلال مرحلة التزهير (**Al - Naggar *et al*, 2004 a**). وفى الفول البلدى تفاوتت نسبة الفاقد فى محصول البذرة من 40.9 إلى 75.7 ٪ تحت تأثير الجفاف (**Omar, 2003**).

وفى ضوء ذلك، يتعاظم دور مربى النبات فى ضرورة وضع برامج تربية منظمة لإستنباط أصناف تتميز بالمحصول العالى وتحمل ظروف الجفاف. وتجدر الإشارة إلى أهمية الجمع فى العمل التجريبى بين بيئة الإجهاد الرطوبى Moisture stress environment والبيئة المثلى Optimal environment. ومن المعروف أن صفة المحصول والمقاومة للجفاف صفتان مختلفتان ويحكم كلٍ منهما جينات مختلفة، أو أن نظام التحكم الوراثى فى كل منهما مستقل.. بمعنى أنه يمكن الانتخاب لكل صفة على حدة. ومن الطبيعى أن يجرى الانتخاب للصفات المرتبطة بالمقاومة للجفاف تحت ظروف

نقص محتوى رطوبة التربة، بينما يتم الانتخاب للمحصول وصفات الجودة تحت الظروف المثلى.

ولقد أوضحت عديد من الدراسات، تأثر مقادير الاستجابة للانتخاب بظروف البيئة التي يجرى فيها الانتخاب، فعادة ما يكون التباين الوراثى عالياً عندما تكون بيئة الانتخاب ملائمة Favourable .. وبتعبير أدق عندما يكون المحصول عالياً، إذ تزيد قيم معامل التوريث فى البيئات المثلى، وينعكس ذلك على مقدار التحسين الوراثى المتوقع والمحقق بالانتخاب (**Blum, 1988**). حيث تشير الدراسات إلى إيجابية الانتخاب للمحصول وتحقيق مستويات تحسين مرضية فى البيئات الملائمة مقارنة بالبيئات المجهدة.

وتجدر الإشارة إلى أن مقدار الزيادة السنوية Annual gain الذى أمكن تحقيقه فى القدرة المحصولية على المستوى الوراثى فى البيئات الجافة، يمثل فقط حوالى نصف ما تم الحصول عليه تحت الظروف المثلى (**Rajaram *et al.*, 1996**). ويمكن توضيح أهم المساهمات الفسيولوچية التى تدعم المحصول تحت ظروف الجفاف من المعادلة الآتية:

المحصول الاقتصادى (**YE**) = النتح (**T**) × كفاءة إستخدام الماء (**WUE**) × دليل الحصاد (HI) . (عن؛**Passioura, 1983**)

وتعرف كفاءة إستخدام الماء على مستوى النبات الكامل بنسبة تراكم المادة الجافة الكلية أو محصول الحبوب لكل وحدة ماء مستهلكة. أما على مستوى الورقة فهى نسبة الزيادة فى تمثيل الكربون إلى الماء المفقود بالنتح Photosynthetic carbon gain to transpirational water loss. ويعتبر أفضل تعريف لكفاءة إستخدام الماء من وجهة نظر (**Fischer and Turner, 1978**) بانها كمية المادة الجافة لكل وحدة من وحدات التنفس. وغنى عن البيان، أن التغير فى كفاءة إستخدام الماء ينعكس على كمية المحصول، ويتوقف ذلك على خصائص الصنف والمعاملات الزراعية وعمق الماء وطول فترة حياة المحصول والمنافسة مع الحشائش.

ويروق لنا فى هذا المقام التعرض إلى نوعين من المواءمة على النحو التالى :

المواءمة الفسيولوجية Physiological homeostasis

عرف العالم والتركانون Walter Canon المواءمة الفسيولوچية على أنها النظام المشترك الكلى Co - ordination للنظام الفسيولوچى المعقد فى الكائن الحى لكى يُناسب الظروف البيئية المتغيرة التى يعيش فيها من خلال حدوث تغيرات فسيولوچية معينة فى النبات حال تعرضه لظروف الإجهاد تجعله أكثر قدرة على تحمل الظروف القاسية. ومن أمثلة ذلك التغيرات الفسيولوچية التى تحدث للنباتات لدى تعرضها لعملية التقسية أو الأقلمة.

وفى الحقيقة، فإن التأقلم الفسيولوچى - هو فى الأساس - وراثى، حيث يتم عن طريق إنزيمات معينة يتحكم فى إنتاجها چينات معينة، إلا أنه لا يُصنف على أنه تأقلم وراثى إلا بقدر التغير الحادث فى الصفات النباتية والذى لا يرقى إلى مستوى طفرة أو صنف جديد، وإنما هو خاصية شائعة فى عدد كبير من الأنواع النباتية.

المواءمة الوراثية Genetic homeostasis

هى أحدى مكونات العشيرة الأساسية والتى تعمل على وجود توازن فى التركيب الچينى لكى يقاوم التغيرات المفاجئة فى الظروف البيئية. ويذهب البعض إلى تعريفه بإنه تطور وراثى داخل النوع يجعل التراكيب الوراثية الناتجة أكثر تأقلماً مع الظروف البيئية السائدة. حيث تحتوى العشائر المندلية على نظام ذاتى قادر على إظهار تراكيب وراثية ذات قدرة حيوية كبيرة على المواءمة مع ظروف بيئية معينة فيما يعرف بالتنظيم الذاتى للعشائر نتيجة الانتخاب الطبيعى للأفراد الوسطية Intermediate عن الأفراد الأعلى أو الأقل للصفة، والابقاء على الطفرات الأكثر تحملاً وإندثار الضعيفة الأقل ثباتاً. ويلاحظ أن أحسن الأفراد أقلمة للظروف البيئية المختلفة هى الافراد التى تحتوى على تركيبات متوافقة لجميع الصفات والتى تؤدى إلى أعلى خصوبه. حيث يلعب الانتخاب الطبيعى دوره على جميع الصفات محابياً الأفراد التى تكون قريبة من متوسط العشيرة.

وبوجه عام يمكن القول بإن هناك إستراتيچيات يمكن للمربى إتباعها للأخذ بها

عند الرغبة فى تحسين الأصناف لأعطاء محصول عالى تحت الظروف المختلفة وتشمل هذه الاستراتيچيات ما يلى :

1 – إنتخاب وتحسين الأصناف للتأقلم تحت ظروف بيئية معينة: وتشمل :

أ – إنتخاب وتحسين الأصناف للتأقلم تحت ظروف نقص الرطوبة الأرضية (الجفاف).

ب– إنتخاب وتحسين الأصناف للتأقلم تحت ظروف الرطوبة المثلى.

2 – إنتخاب وتحسين الأصناف للتأقلم تحت مدى واسع من الظروف البيئية المتباينة.

أولاً: إنتخاب وتحسين الأصناف للتأقلم تحت ظروف بيئية معينة:

أ - إنتخاب وتحسين الأصناف للتأقلم تحت ظروف نقص الرطوبة الأرضية (الجفاف):

Adaptation to moisture stress environment

تهدف هذه الاستراتيجية، إلى التربية لإنتاج سلالات أو أصناف تتأقلم مع ظروف بيئية خاصة – تتعلق بنقص محتوى رطوبة التربة (الجفاف). ويعتبر هذا النموذج من البرامج أكثر أهمية، خاصةً فى البيئات التى يجب أن يُكمل فيها النبات دورة حياته إعتماداً على مخزون الرطوبة الأرضية من الموسم السابق.

ولقد أشار **Hurd (1975 و 1976)** من واقع دراساته فى هذا المجال أنه ليس بالضرورة أن تعطى الأصناف التى تم إنتخابها للمحصول العالى تحت الظروف المثلى من الرطوبة الأرضية، محصولاً مماثلاً (عاليا) تحت ظروف الجفاف. موضحاً أن الأصناف المتميزة والتى تناسب ظروف الجفاف، يجب إنتخابها وتقييمها تحت نفس الظروف، وأضاف أن الصنف ذو المجموع الجذرى الأكثر تطوراً عند زراعته فى البيئة الملائمة، قد لا يعطى نفس الخصائص عند زراعته تحت الظروف البيئية غير الملائمة. وإتباع مثل هذا النموذج يواجهه كثير من المشاكل منها ·

1 – إختلاف معدل سقوط الأمطار ومن ثم المحتوى الرطوبى ومعدل الترسيب من سنة إلى أخرى فى المناطق شبه الجافة.

2 –قد يكون الصنف المنتج بهذه المواصفات غير قادر على الاستجابة وتحقيق ميزة محصولية فى السنوات التى يكون فيها المحتوى الرطوبى أعلى من المعدل الطبيعى، ويحتم ذلك على المربى أن يغير من أدلته الانتخابية. كما يجب على المربى أن يعوض الاختلاف فى كمية الرطوبة الأرضية من سنة إلى أخرى بزيادة عدد المواقع التى يجرى فيها إختبار مواد التربية وزيادة حجم العشيرة المدروسة واختيار التصميم التجريبى والإعداد المناسب للأرض.

وعندما يكون معدل سقوط الأمطار ومن ثم المحتوى الرطوبى أقل من المعدل الطبيعى، يكون محصول التراكيب الوراثية المنتخبة، أقل من ذلك المتوقع الحصول عليه، ويقل معها قيم معامل التوريث للمحصول ومكوناته، ويؤثر ذلك على كفاءة الانتخاب.

وقد أشارت الدراسات، أن الإنتخاب المباشر للسلالات خلال الدورة الانتخابية الأولى تحت ظروف بيئة الإجهاد Water - stressed environment يؤدى إلى زيادة تكرار اليلات الحماية Preservation alleles لتحمل الجفاف **(Langer *et al.*, 1979)**.

ولقد دعمت نتائج دراسة **النجلوآخرون (2004 a)** المتعلقة بالتحسين المتوقع بالانتخاب لصفة محصول حبوب الفدان فى الذرة الشامية هذه الاستراتيجية الأولى؛ وهى أن التراكيب الوراثية يجب إنتخابها تحت نفس ظروف بيئة الهدف (أى تحت ظروف الجفاف). حيث بلغ مقدار التحسين الفعلى فى محصول الحبوب 5.29٪ (0.23 أردب/ فدان). وحصل **Chapman & Edmeades (1999)** على زيادة فى المحصول قدرها 12.6٪ خلال الدورة الانتخابية الأولى تحت ظروف بيئة الجفاف.

ب- إنتخاب وتحسين الأصناف للتأقلم تحت ظروف البيئات الرطبة:

Adaptation to moisture environments

تعتمد هذه الاستراتيجية على تحسين أقلمة التراكيب الوراثية من خلال إجراء الانتخاب تحت ظروف الرى الكامل ويسمح توفر الرطوبة المثلى بأقصى تعبير مظهرى Phenotypic expression، وتزيد معه قيم التباين الوراثى بين الأصناف والذى ينعكس على مقادير معامل التوريث والتحسين الوراثى المتوقع والمحقق بالانتخاب.

ولقد صاحب الانتخاب المباشر لانسال الجيل الذاتى الأول S_1 من الذرة الشامية تحت الظروف المثلى تحقيق تحسين فعلى فى محصول الحبوب خلال الدورة الانتخابية الأولى قدره 16٪ (2.57 أردب/ فدان).

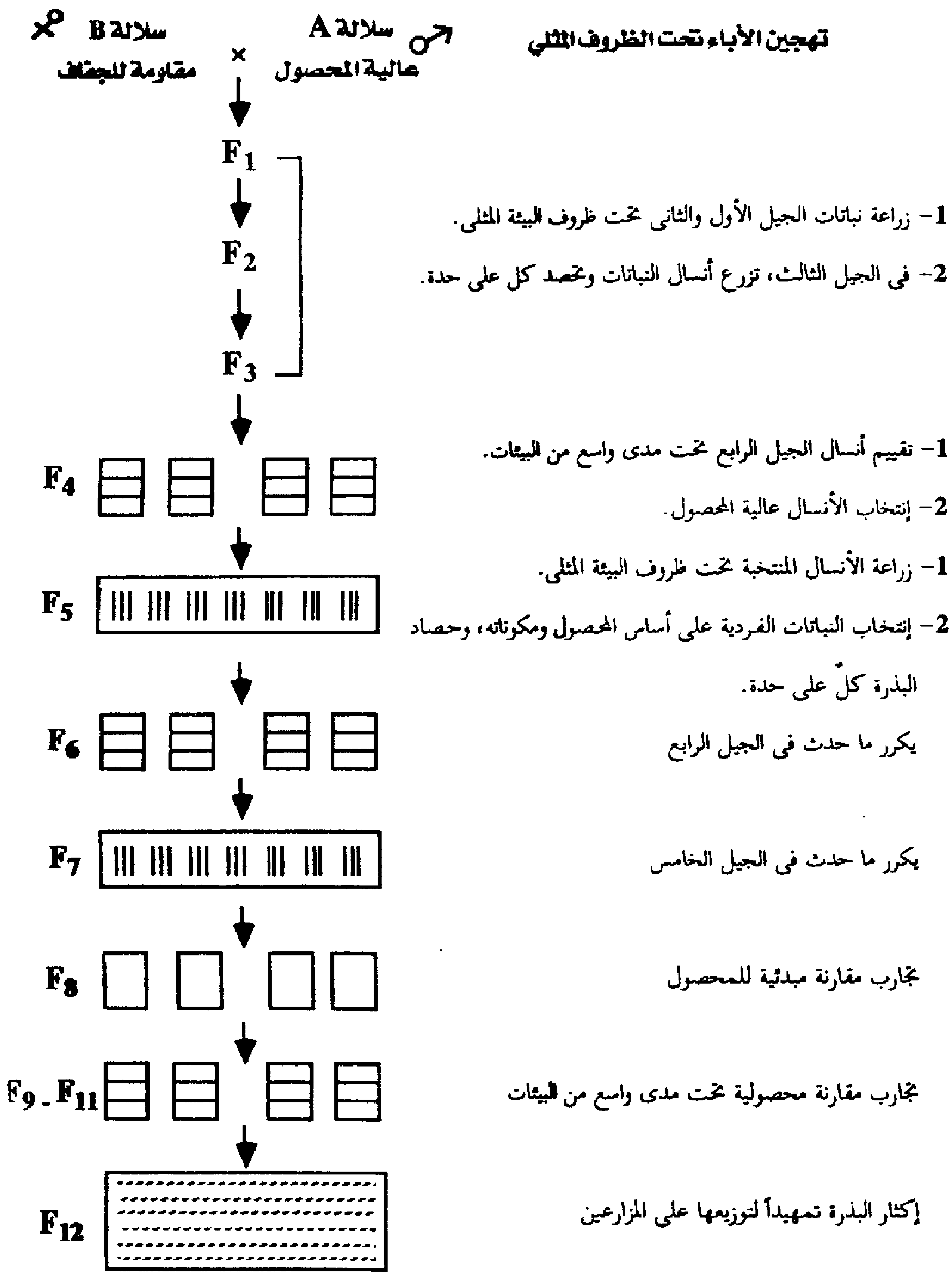
وأدى الانتخاب الدورى غير المباشر لانسال الجيل الذاتى الأول تحت الظروف المثلى أو تحت توليفة البيئات (الإجهاد + المثلى) إلى معظمه التحسين الوراثى الفعلى فى محصول حبوب الفدان بـ 30.80٪ (1.34 أردب/ فدان) للعشيرة المستنبطة (Pop - 1) مقارنة بعشيرة الأساس (Pop - 0) للزراعة تحت ظروف الإجهاد (جدول 1 - 14) (**Al - Naggar *et al.*, 2004 a**).

ثانياً: إنتخاب وتحسين الأصناف للتأقلم تحت مدي واسع من الظروف البيئية:

Adaptation to wide range of environments

يهدف هذا النموذج إلى إنتاج سلالات أو أصناف تجمع بين القدرة المحصولية العالية والأقلمة مع مدى واسع من التباين فى الظروف البيئية. ويعتبر هذا النموذج أكثر نجاحاً من وجهة نظر مربى النبات عند توفر محتوى رطوبى كافٍ أثناء النمو، أو عندما تكون الظروف البيئية فى الحالة المثلى أو عند حدوث الجفاف على فترات Periodic drought occur. حيث يجرى إنتخاب أنسال النباتات الفردية عالية المحصول عالية الأقلمة، ويجرى تقييم السلالات المنتخبة الثابتة محصولياً تحت عديد من البيئات، بداية من الإجهاد إلى الظروف المثلى على أساس متوسط الأداء Mean performance تحت جميع البيئات المختبرة وإكثار السلالات عالية المحصول عالية الثبات كما هو موضح فى شكل (1 - 14).

ولقد أقترح **Finlay (1968)** إمكانية إنتخاب تراكيب وراثية عالية المحصول تحت الظروف المثلى، تتميز بالقدرة على الاحتفاظ بتفوقها عند زراعتها فى البيئات غير الملائمة. وقدم **Finlay** فى هذا المجال توضيحاً وأدلة علمية إستناداً إلى دراسات القدرة على التآلف، وأستنتج أن أهم مكونى الأقلمة هما: متوسط المحصول تحت جميع البيئات وثبات المحصول، وهما مكونان كلٍ منهما مستقل عن الآخر.



شكل (1 - 14) : استراتيجية التربية المتبعة في تطوير الأصناف لتلائم مدى واسع من البيئات

وأقترح أنه بالامكان فى برامج التربية الجمع فى صنف واحد بين المحصول العالى والقدرة العالية على الأقلمة مع ظروف البيئة المتباينة. وأضاف أن سلالات الشعير المتأقلمة مع مدى واسع من الظروف البيئية تميل لأن تكون وسطاً فى صفاتها وسلوكها وتعبيرها Intermediate trait expression فى حين يكون سلوك وتعبير الصفات أقصى ما يمكن Extreme trait expression فى السلالات المتأقلمة مع ظروف بيئية معينة.

جدول (1 - 14) التحسين الفعلي في محصول حبوب الفدان خلال دورة واحدة من الانتخاب المتكرر لانسال الجيل الذاتي الأول S_1 من الذرة الشامية

بيئة الانتخاب	التحسين	
	المحصول المطلق (أردب/ فدان)	% من متوسط العشيرة
الانتخاب المباشر		
عدم الاجهاد (N)	2.57	16.00
اجهاد (S)	0.23	5.29
توليفة البيئتين (C)	1.95	19.15
الانتخاب غير المباشر (بيئة الانتخاب مقابل بيئة الهدف)		
N vs S	1.34	30.80
S vs N	0.65 -	4.04 -
N vs C	1.95	19.15
C vs N	2.57	16.00
S vs C	0.21-	2.06 -
C vs S	1.34	30.80

(عن: النجار وآخرون، 2004 a)

وقد اقترح Roy and Murty (1970) أن الانتخاب للمحصول والصفات التطورية فى القمح يجب أن يتم فى مدى واسع من الظروف المثلى وغير المثلى من حيث مستوى الرطوبة. وأنه يمكن إستخدام متوسط المحصول لجميع هذه البيئات المختبرة كدليل إنتخابى لتحديد وعزل التراكيب الوراثية المتفوقة. وأضاف Calhoun وآخرون (1994) أن التقييم

تحت ظروف كلٍ من البيئة المثلى والإجهاد يعتبر طريقة فعالة لتحسين الاستجابة للانتخاب تحت ظروف الرى الكامل وتجميع اليلات الحماية للمحصول العالى تحت ظروف الجفاف. فقد وجد **بيومي (2003)** أن الانتخاب لمتوسط الإنتاجية العالى فى العدس أدى إلى زيادة محصول البذرة تحت الظروف البيئية المتباينة.

وفى الذرة الشامية لوحظ أن أفضل السلالات المنتخبة تحت ظروف الرى الكامل هى نفسها المنتخبة تحت ظروف توليفة البيئتين (الاجهاد + المثلى). ولقد صاحب الانتخاب تحسين فعلى فى محصول حبوب الفدان قدره 19.15٪ (1.95 أردب/فدان) خلال الدورة الانتخابية الأولى لانسال الجيل الناتى الأول (جدول 1 - 14) **(Al - Naggar *et al.*, 2004 a)**.

ولقد وصف عديد من العلماء طرق قياس أقلمة وثبات التراكيب الوراثية تحت ظروف بيئة الهدف أو تحت مدى واسع من الظروف المتباينة منهم **(Finlay and Wilkinson, 1963, Eberhart and Russell, 1966, Tai, 1971, Gauch 1988 and etc ...)**، وأمكن عزل عديد من السلالات والأصناف ذات القدرة على إعطاء محصول عالى تحت ظروف البيئات المختلفة.

الباب السادس

طــرق التربيــة

الباب السادس

طـــرق التربيـــة

Breeding methods

تتشابه طرق تربية المحاصيل المتبعة لاستنباط أصناف تتحمل الجفاف مع تلك المستخدمة فى التربية لزيادة كمية المحصول والصفات الاقتصادية الأخرى، فهى تحسين للمحصول تحت ظروف الجفاف. حيث تستخدم طرق الاستيراد والانتخاب والتهجين وإستحداث الطفرات، بالإضافة إلى التقنية الحيوية.

* ففى المحاصيل الذاتية: تستخدم طرق الاستيراد وإنتخاب السلالة النقية والانتخاب الإجمالى والتهجين (بطريقة النسب – والتهجين الرجعى) أو إستحداث الطفرات. ومن الطبيعى، عند توفر صفة المقاومة للجفاف فى أحد الأصناف الأجنبية، فإنه يمكن إستيراد هذا الصنف وإختباره تحت الظروف المحلية، فإذا كان مناسباً يمكن إكثاره وتوزيعه على المزارعين.

وإذا كانت عوامل المقاومة للجفاف موجودة فى سلالات برية أو عشائر غير متجانسة وراثياً، فإنه يمكن إجراء الانتخاب الفردى أو الإجمالى، وتقييم المنتخبات وإختبارها تحت ظروف الجفاف، فإذا كان محصولها مرتفعاً يمكن إكثارها وتوزيعها أيضاً على المزارعين.

وفى حالة توفر جينات المقاومة للجفاف فى الجيرمبلازم أو الأنواع المنزرعة أو البرية، ففى هذه الحالة يقوم المربى باستخدامها كآباء فى برامج التهجين لنقل عوامل المقاومة للجفاف إلى الأصناف المنزرعة.

* وفى المحاصيل خلطية الإخصاب، تعتبر طريقة الانتخاب الإجمالى والتهجين الرجعى والتهجين بين السلالات لإنتاج هجن والانتخاب الدورى Recurrent selection والأصناف التركيبية Synthetic cultivars هى الطرق الرئيسية لتربية المحاصيل خلطية الإخصاب.

وتعتبر طريقة التهجين الرجعى مناسبة للمحاصيل الذاتية والخلطية، بينما يعتبر إنتاج

الهجن وإستغلال ظاهرة قوة الهجين أحد الطرق الناجحة فى المحاصيل الخلطية عنها فى المحاصيل الذاتية.

الاستيراد Introduction

يُعد الاستيراد من الوسائل البسيطة والفعالة فى إثراء المادة الوراثية والحصول على رصيد ضخم من التنوع الوراثى فى جميع المحاصيل الحقلية. ولا يقتصر الاستيراد على إدخال الأصناف المستعملة فى الخارج، بل يتعداه إلى إدخال الأنواع البرية والأجناس القريبة من جنس المحصول. إذ كثيراً ما يتوقف حل مشكلة معينة على إستعمال هذه المصادر فى التهجين مع الأنواع المنزرعة.

وتلعب الهيئات الدولية مثل منظمة الأغذية والزراعة FAO والمركز الدولى للبحوث الزراعية فى المناطق الجافة ICARDA والمركز الدولى للزراعة الاستوائية CIAT والمعهد الدولى لتحسين الذرة CIMMYT ومعهد بحوث الأرز الدولى IRRI وغيرها.. دوراً هاماً فى تجميع وحفظ الأصول الوراثية وتلبية إحتياجات مربى النبات من المصادر الوراثية المختلفة. كما تقوم بنوك الجينات المنتشرة فى أنحاء العالم وفى مصر بدور فعال فى هذا المجال.

ولقد نجح مربى النبات فى إدخال عديد من أصناف المحاصيل الحقلية للزراعة تحت الظروف المصرية، كأصناف القمح المكسيكية شيناب 70 ومكسيباك 69 وسوبر أكس فى السبعينيات، كما أستورد مركز البحوث الزراعية – بجمهورية مصر العربية أصناف أخرى من قمح الخبز هى جيزة 162 وجيزة 164 وسُجلت للزراعة عامى 1980 و 1987، على الترتيب. بالإضافة إلى الصنف سوهاج 1 المتحمل للجفاف والملائم لصناعة المكرونة وتم تسجيله كصنف جديد عام 1991.

وفى الوقت الحالى، نجح المربى فى إستيراد عديد من سلالات القمح من محطات البحوث الأجنبية مثل Regent/ 2 و Cno 67 و RL 4220 و TR 810328 والتى دخلت فى إستنباط أصناف قمح الخبز المحلية جيزة 155 و سخا 8 و سخا 69 وسخا 93، على الترتيب، وكذلك السلالات المستوردة "Maya "S و CMH 74 A و "Ald "S الداخلة

فى إنتاج الأصناف سدس 1 وجميزة 7 وجميزة 9، على الترتيب، والسلالة Mexi 75 الداخلة فى إنتاج صنف قمح المكرونة بنى سويف 4 ذو القدرة العالية على تحمل ظروف نقص الماء.

كما نجح مربى الشعير فى إستنباط صنفى الشعير العارى جيزة 129 وجيزة 130 من الهجن المستوردة من الايكاردا، وأثبتت تفوقاً فى تجارب المقارنة على الصنف المنزرع جيزة 123، وتميزت بالمحصول العالى وتحمل الجفاف ومقاومة الأمراض.

كما دخلت مستوردات معهد بحوث الأرز الدولى مثل Yomji 1 و GZ 4096 و Suweon 349 فى إستنباط الأصناف المحلية قصيرة العمر جيزة 177 و سخا 102 و سخا 103، على الترتيب، الأمر الذى وفر فى إستهلاك الماء بحوالى 20 - 30 ٪.

كما لعب الاستيراد دوراً هاماً فى أقلمة وتوطين أصناف الفول السودانى جريجورى ومستورد 61 و NC 9 و NC 12 والأصناف كلارك وكراوفورد وكتلر 71، وجلب واستئناس محاصيل زيتية جديدة مثل الكانولا والهوهوباوالكوخيا، تتميز بالقدرة العالية على تحمل ظروف الجفاف ويوصى بزراعتها فى الأراضى الجديدة.

الإنتخاب Selection

يسمح الانتخاب بغربلة أعداد كبيرة من عشائر الأجيال الانعزالية وتقييم أعداد هائلة من الآباء من المجموعات العالمية لمحاصيل القمح والشعير والأرز والذرة الرفيعة.. وغيرها.

ويجب التنويه عن أهمية إختيار المعايير الانتخابية والتى يعتمد عليها المربى فى برنامج الإنتخاب لتحمل الجفاف والتى تتوقف بلا شك على ظروف برنامج التربية، أخذاً فى الاعتبار أن الانتخاب لتحمل الجفاف سوف ينتج عنه نقص فى متوسط محصول الصنف عند زراعته فى البيئة العادية. كما أن الانتخاب للمحصول العالى فى البيئة العادية (الملائمة) لا يعطى دائماً أصناف ذات محصول جيد عند زراعتها فى بيئة الإجهاد. الأمر الذى يتطلب إنتخاب وتجميع العوامل الوراثية ذات التأثير التنظيمى Buffering effect، مع الاهتمام بالانتخاب لكل من المحصول العالى وثبات المحصول فى البيئات المختلفة.

ويعتبر الانتخاب المباشر للمقاومة للجفاف ذو أهمية فى عزل سلالات أو أصناف

مقبولة مباشرة أو مفيدة فى برامج التهجين والتهجين الرجعى. على أنه قد يلجأ المربى إلى الانتخاب غير المباشر للمقاومة للجفاف عن طريق الانتخاب للمحصول فى بيئة الإجهاد.. إستناداً إلى أن المحصول العالى تحت هذه الظروف سوف يكون ناتج من تراكيب وراثية عالية المقاومة للجفاف (**Hurd *et al.*, 1973**). وقد لوحظ أن التحسين الوراثى المحقق من الانتخاب المباشر لمحصول الحبوب كان أكثر فاعلية من التحسين المتوقع من الانتخاب غير المباشر للصفات الثانوية فى معظم الحالات تحت ظروف الجفاف (**Quizenberry, 1982**).

وباستثناء هذا التوجه، فإن نتائج دراسة **النجاروآخرون** (**2004 a**) أوضحت أن الانتخاب غير المباشر، أى إستجابات محصول الحبوب للانتخاب للصفات الثانوية مثل عدد كيزان النبات وعدد حبوب/ م^2 ووزن 100 حبة كان أكثر فاعلية من الانتخاب المباشر للمحصول ذاته تحت ظروف الجفاف.

وعموماً فقد أفاد الانتخاب فى إنتاج سلالات مبشرة من قمح الخبز فى كازاخستان تجمع بين ثبات المحصول العالى وتحمل الجفاف بناءً على قياسات مساحة ورقة العلم ومحتوى الماء النسبى وكفاءة إستخدام الماء (**Kokhmetova and Sarieva, 2002**).

كما أمكن فى مصر إنتخاب 6 سلالات مبشرة من أكثر من مائة سلالة من الشعير العارى، تميزت بالمحصول العالى ومحتوى البروتين المرتفع وتحمل الملوحة والجفاف (**Anonymous, 1999**)، كما نجح مربى الذرة الشامية فى إنتخاب أصناف محسنة من العشائر الاستوائية، تفوقت فى المحصول بـ 20 - 40 ٪ عن العشائر التى لم يمارس فيها الانتخاب (**Edmeades *et al.*, 1995**).

إضافة إلى ما تقدم وفى الهند أمكن عزل 20 سلالة مبشرة من أصل 90 سلالة من اللوبيا *Vigna unguiculata*، كان أكثرها تميزاً السلالتين IC - 39890 و IC - 52102 فى المحصول و التبكير فى النضج والمجموع الجذرى الطويل والقدرة على إستعادة النمو وتحمل الجفاف والحرارة العالية والمقاومة لفيروس CYM، وتم التوصية بإكثارها وتوزيعها على المزارعين فى الهند (**Kumar and Gaur, 2003**).

التهجين Hybridization

يعتبر إختيار الآباء التى تحمل الصفات المرغوبة وإجراء التهجين بينها وتقييم نواتج التربية على أساس الصفات المورفوفسيولوچية والمحصولية تحت ظروف بيئة الهدف (الجفاف)، من أفضل الوسائل للحكم على مدى أقلمة وثبات سلالات التربية. ومما لا شك فيه، أن التحسينات التى يمكن تحقيقها من الناحية الاقتصادية ترتبط بخصائص ومظهر وسلوك الآباء والهجن المنتخبة تحت ظروف الإجهاد الرطوبى. ويتبع فى هذا المجال، طرق التهجين الرجعى أو التهجين الرجعى المضاعف أو النسب أو التجميع. وتوجد عديد من الاستراتيچيات عند التربية لتحمل الجفاف يمكن سردها على النحو التالى :

الاستراتيچية الأولى:

إدخال چين أو چينات الصفة المرغوبة البسيطة فى وراثتها المرتبطة بتحمل الجفاف إلى الأصناف المنزرعة المتأقلمة عن طريق التهجين الرجعى **Back crossing**.

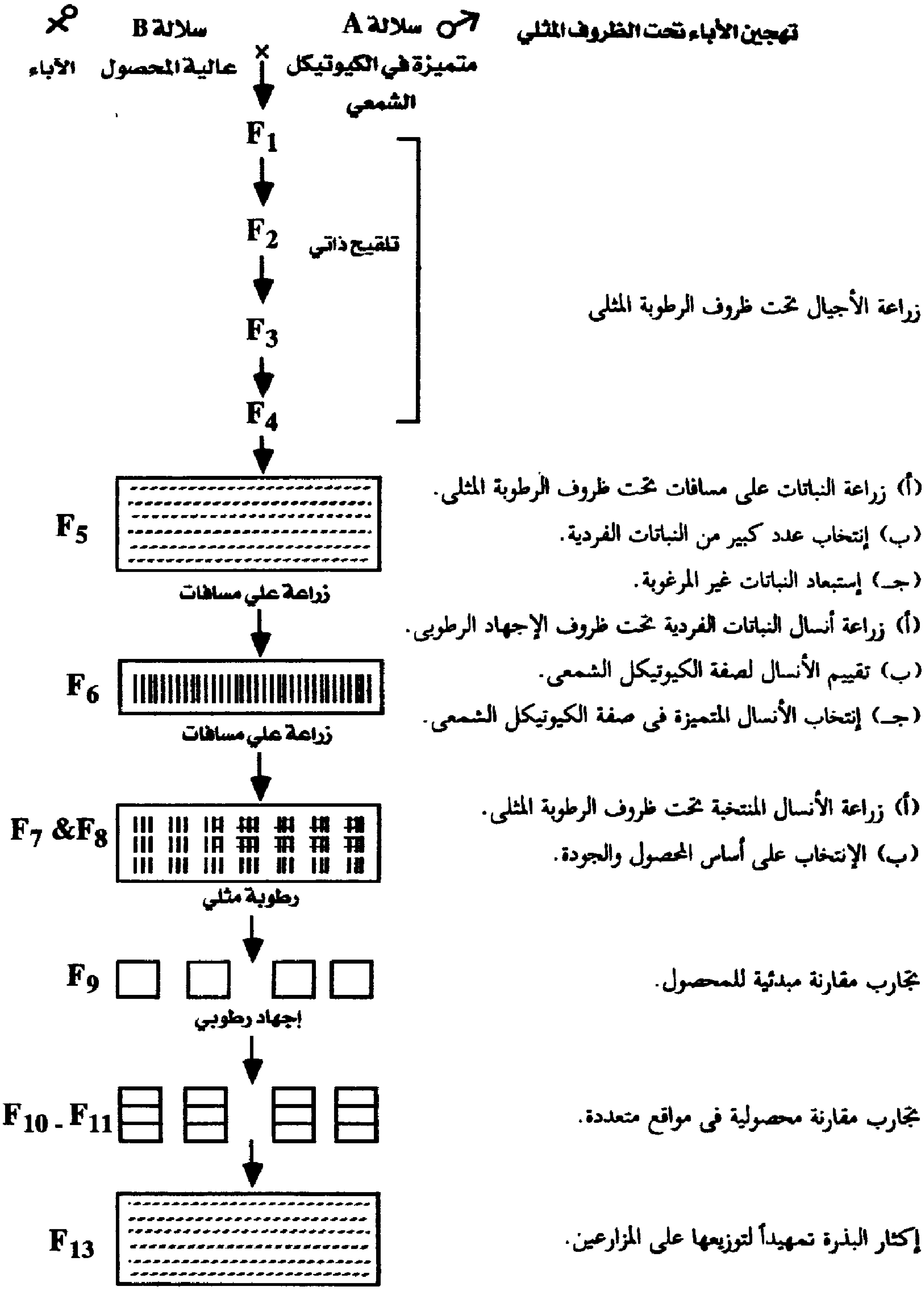
الاستراتيچية الثانية:

تطوير عديد من الهجن بتهجين الصنف المحلى جيد الأقلمة عالى المحصول مع عديد من السلالات غير المتأقلمة المتحملة للجفاف. أو بتهجين أب واحد غير متأقلم متحمل للجفاف مع عديد من الأصناف المحلية المتأقلمة لإنتاج هجن متعددة **Multiple crosses** تتميز بالقدرة المحصولية والتنظيمية **Buffering effect** لتحمل الجفاف.

الاستراتيچية الثالثة:

تهجين الصنف المحلى المتأقلم ثابت المحصول مع صنف متحمل الجفاف وإجراء الانتخاب المتزامن Simultaneous selection فى الأجيال الانعزالية لإنتاج توليفات وراثية تجمع بين القدرة المحصولية العالية والجودة والمقاومة للجفاف. وتعتبر هذه من الاستراتيچيات الهامة فى هذا المجال **(Rajaram *et al.*, 1996)**.

ويوضح شكل (1 - 15) برنامج إستنباط صنف مقاوم للجفاف بطريقة التهجين المتبوع بالإنتخاب المنسب إعتماداً على صفة الطبقة الشمعية. حيث يجرى زراعة المواد



شكل(1 - 15): طريقة التربية المتبعة للمقاومة للجفاف على أساس الجمع بين استخدام البيئة المثلى وبيئة الإجهاد

الوراثية من الجيل الأول حتى الجيل الرابع تحت الظروف المثلى. وفى الجيل الرابع، ينتخب عدد كبير من النباتات الفردية، وتزرع أنسالها فى الجيل الخامس تحت ظروف الإجهاد الرطوبى. وفي الجيل السادس، تقيم الأنسال لصفة الطبقة الشمعية، وتحصد النباتات المتفوقة كل على حدة. ويجرى فى الجيلين السابع والثامن زراعة الأنسال المنتخبة تحت ظروف الرطوبة المثلى والإنتخاب للمحصول ومساهماته وصفات الجودة. وتقيم الأنسال المنتخبة فى تجارب فى مواقع متعددة قبل توزيعها كأصناف تجارية.

وقد تمكن **Yadav وآخرون (2002)** من إستنباط سلالات من الحمص عالية المحصول تحت ظروف الجفاف بتطبيق الاستراتيچيتين الآتيتين :

الأولى: مزج وإدخال چينات مرغوبة إلى الأصناف المتأقلمة من الطراز البرى *Cicer reticulatum*. وبتطبيق هذا الاتجاه أمكن الحصول على عشرة هجن قام بزراعتها فى تصميم قطاعات كاملة العشوائية وإنتخاب النباتات المتميزة بدءاً من الجيل الثانى وزراعة وإختبار أنسالها كلٌ على حدة Single progeny test تحت الظروف المطرية حتى الجيل السادس. حيث أمكن عزل سلالات تحمل چينات المقاومة للجفاف من الطراز البرى *Cicer reticulatum*.

الثانية: تطوير الهجن باستخدام مصادر مختلفة للمقاومة.

وقد أفاد هذا الاتجاه الثانى فى إنتاج سلالات من الحمص أكثر مقاومة للجفاف، مؤكداً أهمية الاتجاهين فى برامج تربية الحمص للأقلمة وظروف الإجهاد البيئى.

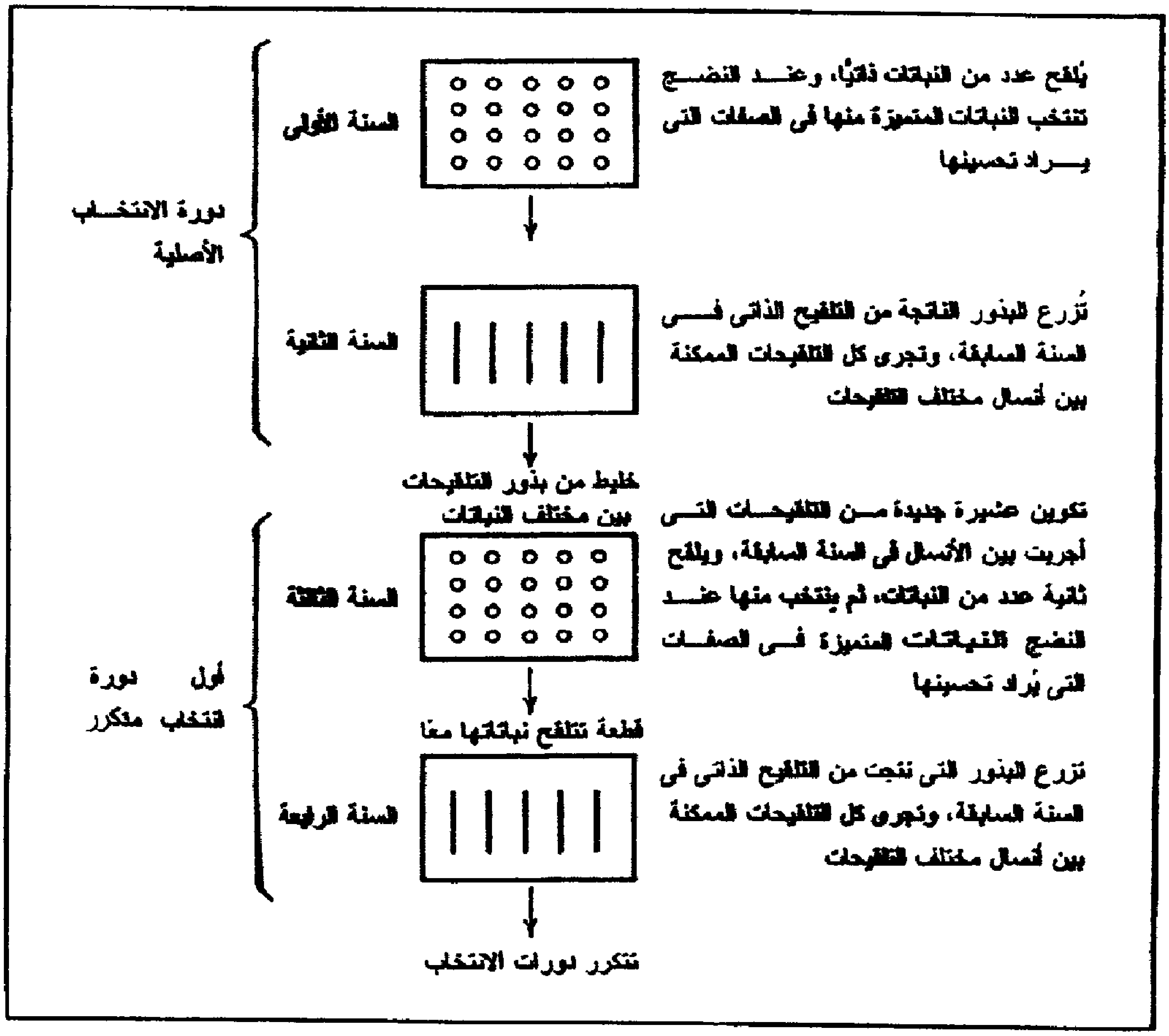
ولقد ساهم التهجين المتبوع بالانتخاب فى نسل ثمانٍ وعشرين عشيرة إنعزالية من القمح بين آباء متباينة فى تحملها للجفاف فى إستنباط السلالات المبشرة واحة سيوة 18 و 25 ومريوط 3 تحت الظروف المطرية بالساحل الشمالى الغربى لمصر – مريوط، أثبتت تفوقها على أصناف المقارنة سخا 8 و ساحل 1 و السلالة 606 المرباة ضمن برنامج مركز بحوث الصحراء. وقد إنحدرت هذه السلالات من آباء عالية المحصول وجيدة التآلف، مما أعطى الفرصة لزيادة التأثير الإضافى للچينات خلال الأجيال فى السلالات الناتجة **(Afiah and Darwish, 2003)**.

ومما لاشك فيه أن عدد الأصناف التى أمكن إستنباطها بطريقة النسب يفوق أى

طريقة أخرى من طرق التربية، لاسيما فى المحاصيل ذاتية الأخصاب مثل القمح والشعير والأرز وفول الصويا والحمص.. وغيرها.

الانتخاب المتكرر Recurrent selection

تعتبر طريقة الانتخاب المتكرر من الطرق المفيدة فى تجميع عديد من الچينات المتحكمة فى الصفات المرتبطة بتحمل الجفاف من مختلف المصادر الوراثية، خاصة فى المحاصيل الخلطية، حيث يتم إختيار عدد من الآباء (50 : 100 أحيانا) متميزة فى صفاتها والتهجين بينها لإنتاج عشيرة خليطة وراثياً، يتم تعرضها لظروف إجهاد رطوبى، حيث تستبعد النباتات الحساسة، ويتم التهجين بين النباتات المقاومة، ويكرر ذلك من 4 : 5 دورات من الانتخاب والتهجين، حيث يؤدى ذلك إلى تجميع العديد من عوامل المقاومة من مختلف الآباء فى التركيبة الوراثية الناتجة (شكل 1 - 16).



شكل (1 - 16): تخطيط لبرنامج الانتخاب المتكرر للشكل الظاهري

وتتضح أهمية الانتخاب المبكر للمقاومة للجفاف على أساس الصفات المحكومه بالفعل الجينى المضيف، ومتأخراً للصفات المحكومة بالفعل الجينى السيادى. وقد أفاد إنتخاب النسل المتكرر Recurrent progeny selection فى تحسين تحمل نباتات الذرة الشامية للجفاف بالانتخاب للصفات التى يكون تعبير چيناتها كاملاً لزيادة التكرار الچينى المرغوب تحت ظروف الإجهاد الشديد أو المتوسط. ولقد حققت طريقة الانتخاب المتكرر على مدى ثمانى دورات تحسين معدل التمثيل الضوئى خلال مرحلتى النمو الخضرى والثمرى وزيادة محصول حبوب عشيرة الذرة الشامية Tuxpeno Squia بحوالى 100 كجم/ هكتار (**Fischer *et al.*, 1989 and Bolanos and Edmeades, 1993**)، وزيادة فى المحصول قدرها 10 ٪ بالانتخاب لصفات عدد كيزان النبات أو وزن المائة حبة أو كلاهما، وإختصار الفترة بين ظهور السنابل والحرائر بيوم إلى ثلاث أيام ونصف فى تسع عشائر من الذرة الشامية (**Mahgoub *et al.*, 2001**).

وفى القمح، أمكن استغلال طرازى الفعل الچينى المضيف وغير المضيف فى تحسين خصائص المجموع الجذرى بالانتخاب المتكرر العكسى والتهجين المتزاوج Biparental mating مع الانتخاب فى الأجيال المتقدمة لتثبيت الفعل الچينى التفوقى (**Chaudhary *et al.*, 1996**).

وفى محصول العدس أفاد الانتخاب المتكرر فى تحسين تحمل الجفاف من خلال الانتخاب لصفتى درجة حرارة الورقة والضبط الاسموزى (**Wery *et al.*, 1994 and Rekika *et al.*, 1998**).

قوة الهجين Heterosis

يقصد بقوة الهجين، الزيادة المعنوية فى المحصول وقوة النمو والحيوية للجيل الأول الهجينى عن متوسط الآباء أو الأب الأحسن أو الصنف المنتشر. وتعتمد هذه الظاهرة على تواجد قدر كبير من التأثيرات غير الإضافية للچينات والتى تشمل تأثيرات السيادة والسيادة الفائقة والتفوق. وفى مصر، أمكن إستغلال هذه الظاهرة فى إنتاج هجن الجيل الأول من محصول الذرة الشامية والذرة الرفيعة والأرز وغيرها.

فقد نجح المربى فى إنتاج عديد من هجن الذرة الشامية الفردية والزوجية والثلاثية،

البيضاء والصفراء، المتفوقة فى القدرة المحصولية وصفات الجودة وتحمل الجفاف كما تمكن من إستنباط هجن فردية من الذرة الرفيعة هى مينا وحورس وشندويل 6 عالية التحمل لظروف البيئة القاسية، وهجينى الأرز 1 و 4 عالية المحصول ذات الصفات الاقتصادية والتصديرية العالية. ولمزيد من المعلومات يمكن الرجوع إلى الباب الثالث.

وفى الهند، تميزت هجن الذرة الشامية V 50 B × CM 205، V 20 B × CM 205، V 50 B × H 98، H 98 × CM 205 بقوة هجين موجبة ومعنوية فى صفات محصول الحبوب ومساحة الأوراق تحت ظروف الأمطار الشحيحة (**Sharma and Bhalla, 1991**).

الطفرات Mutations

يقوم المربى أحياناً باستخدام المطفرات الاشعاعية أو الكيميائية أو خليط من الاثنين بهدف إستحداث إختلافات وراثية جديدة يمكن إستغلالها كآباء فى برامج التربية أو إنتاج أصناف جديدة محسنة. وتعد المحاصيل ذاتية الإخصاب أكثر إستجابة للمعاملة بالمطفرات حيث تظهر الطفرات فيها بسهولة لأنها صادقة التربية. أما المحاصيل خلطية الإخصاب فلا يناسبها التربية بالطفرات لاحتياجها إلى عملية التلقيح الذاتى عقب المعاملة بالمطفرات لعزل الطفرات المتنحية، رغماً عن التوصل إلى نتائج مرضية. وقد أوضح حسن (2005) أهمية الطفرات فى حالة الصفات البسيطة التى يتحكم فيها عدد محدود من العوامل الوراثية لاسيما تلك المرتبطة بالمقاومة للجفاف.

وعموماً يجرى الانتخاب إبتداء من الجيل الطفرى الثانى M_2 إلا فى حالات فردية، حيث يجرى الانتخاب للصفات السائدة فى الجيل الطفرى الأول M_1. ويجرى بعد ذلك تقييم الطفرات المستحدثة، فتزرع عدة سطور من كل طفرة فى الجيل الطفرى الثالث M_3. وتقارن الطفرات المرغوبة مع الأصناف التجارية فى تجارب مقارنة محصولية مصغرة فى مكررات فى الجيل المطفر الرابع M_4 والخامس M_5، ثم تقارن الطفرات المتميزة فى تجارب مقارنة مكبرة فى الجيلين الطفريين السادس M_6 والسابع M_7، ثم إكثارها وتوزيعها كأصناف جديدة (شكل 1 - 17).

السنة	الجيل	الإجـــــراء
الأولـــــــــــى	-	* تعامل البذور (> 500 بذرة) بالعامل المطفر المناسب.
الثانيـــــــــة	M_1	* تزرع البذور المعاملة على مسافات واسعة فى مكان معزول، علماً بأن بعض النباتات قد تكون كيميرية، حيث تظهر فيها الطفرات على أحد الخلفات أو بعضها فقط. * يتم ملاحظة الطفرات السائدة. * نظراً لتوقع اختلاف نباتات الـ M_1 فيما قد تحمله من طفرات؛ لذا.. يجب حصاد بذور كل نبات مستقلة عن بذور النباتات الأخرى، وبمعدل حوالى 20 بذرة/ نبات.
الثالثـــــــــة	M_2	* يزرع نسل كل نبات فى خط مستقل. * تحدد الخطوط التى تظهر بها الطفرات، وتنتخب الطفرات المرغوب فيها. * قد لا يمكن ملاحظة الطفرات الخاصة بالصفات الكمية؛ ولذا.. يجب إنتخاب النباتات الطبيعية الخصبة القوية النمو الحاملة لكل صفة. * تحصد بذور النباتات المنتخبة مستقلة.
الرابعـــــــــة	M_3	* يزرع نسل كل نبات منتخب فى خط مستقل. * تنتخب الطفرات والسلالات المتجانسة، وتحصد بذورها معاً. * يجرى إنتخاب النباتات الفردية التى تحمل طفرات مرغوب فيها والتى قد تظهر فى السلالات غير المتجانسة، مع حصاد بذور تلك النباتات مستقلة.
الخامســـــــــة	M_4	* تقيم السلالات المتشابهة المجمعة معاً تحت ظروف الاجهاد وعدم الاجهاد، وكذلك السلالات الفردية، وتقيم تقييماً أولياً لإنتخاب أفضل السلالات. * تستبعد السلالات التى تظهر فيها إنعزالات.
السادسة إلى التاسعة	$M_5 - M_8$	* يستمر تقييم السلالات الثابتة المتحملة للجفاف فى عدة مواقع.
العاشـــــــــرة	M_9	* تكثر البذور وتنشر زراعتها كصنف جديد.

شكل (1 - 17): خطوات برنامج تربية لتحمل الجفاف باستحداث الطفرات في النباتات ذاتية الإخصاب

وحتى عام 2000، أمكن إستحداث أكثر من 1800 صنف جديد شملت 154 نوعاً نباتياً، وتضمنت عديد من المحاصيل الاقتصادية الهامة مثل القمح والشعير والأرز والقطن وغيرها.

وتحت الظروف المصرية أمكن إستحداث سلالات طفرية من القمح هى طفرة 7 وطفرة 8 وطفرة 12 بمعاملة الصنف جيزة 164 بأشعة جاما، وطفرة 19 بمعاملة الصنف ساحل 1 بالأشعة. وقد تميزت السلالتان طفرة 7 وطفرة 19 بأعلى كفاءة لاستخدام الماء وتحمل الجفاف **(Sobieh and Ragab, 2005)**.

وتمكن معهد بحوث الأرز الدولى بالفلبين IRRI من إنتاج 47.000 سلالة طفرية بمعاملة صنف الأرز IR 64 بالنيترونات السريعة وأشعة جاما مع مادة Diepoxybutane وأمكن تعيين الموقع الوراثى المسئول عن موت النباتات فى الظروف غير الهوائية، وتحمل الجفاف فى الظروف الهوائية **(Botwright and Lafitte, 2002)**، بالإضافة إلى إستحداث سلسلة من طفرات الأرز منها الصنف Calrose 76 فى كاليفورنيا والصنف PNR فى الهند و Zhefu 802 فى الصين و RD 6 و RD 15 فى تايلاند، متميزة فى صفاتها الاقتصادية **(Poehlman and Sleper, 1996)**.

الاحلال الكروموسومي Chromosome substitution

يمكن نقل كروموسوم من أحد الأنواع أو الأجناس القريبة من جنس المحصول وإحلاله محل كروموسوم آخر غير مرغوب فيه بأحد الأصناف التجارية. وقد أهتم علماء تربية النبات فى أوروبا وأمريكا باستخدام هذه الطريقة لنقل الكروموسومات المرغوبة من الأنواع والأجناس القريبة من جنس المحصول إلى الأصناف التجارية للمحصول. فقد تمكن Sears من نقل صفة المقاومة لمرض صدأ الأوراق من النوع *Aegilops umbellulata* إلى صنف القمح Chinese Spring.

ولما كان الراى يعتبر مصدراً للمقاومة للجفاف، فقد أمكن إستغلال صنف الراى Imperial المقاوم فى نقل الأجزاء الكروموسومية أو الكروموسومات التى تحمل عوامل المقاومة للجفاف إلى صنف القمح الربيعى Chinese Spring. وقد أفادت سلالات

الإحلال والانتقال الناتجة فى التعرف على المواقع الكروموسومية المسئولة عن ثبات تحمل الجفاف فى الراى وقمح الخبز، وأظهرت سلالة الإضافة بين صنفى القمح – والراى أن كروموسومات صنف الراى 2R, 5R, 7R تحمل چينات مسئولة عن مقاومة الجفاف فى القمح، وأن الذراع الطويل للكروموسوم 2R للراى له تأثيرات إيجابية على كفاءة إستخدام الماء لصنف القمح الربيعى Chinese Spring. وأن جميع الكروموسومات السبعة فى چينوم صنف القمح Chinese Spring ذات تأثير على الصفات المؤثرة على كفاءة البخر نتح وتحمل الجفاف. وأمكن الحصول على سلالة الانتقال 2AS - 2RL تميزت بدليل حصاد أعلى بحوالى 19٪ عن صنف القمح Chinese Spring **(Waines *et al.*, 1998)**. كما مكنت هذه التقنية من إثبات أن الچينات المتحكمة فى صفات محتوى الماء النسبى وفقد الماء النسبى ودليل الحساسية للجفاف والثبات المظهرى فى القمح واقعة على الكروموسومات1A, 5A, 7A, 4B, 5B, 1D, 3D, 5D.

(Sutka *et al.*, 1997)

حدود التربية لتحمل الجفاف

Limitations of breeding for drought tolerance

تُعد التربية لتحمل الجفاف من الأهداف الرئيسية لمربى النبات لإنتاج أصناف أكثر قدرة على الأقلمة مع ظروف البيئة الأقل ملاءمة بما يساعد على الثبات النسبى للمحصول تحت هذه الظروف. إلا أنه توجد بعض المحددات عند إستنباط أصناف جديدة تتحمل ظروف الجفاف أهمها :

1– تؤدى التربية لتحمل الجفاف بوجه عام إلى نقص فى المحصول وذلك نتيجة الضغط الانتخابى لچينات المقاومة فى التراكيب الوراثية المستنبطة.

2– أن الانتخاب للأقلمة الواسعة يعتبر إنتخاب للمحصول القليل أو المتوسط، ففى القمح الربيعى، أعطت الأصناف عالية المحصول تحت الظروف العادية محصولاً أقل تحت ظروف الجفاف.

3– تكون چينات المقاومة للجفاف موجودة فى المصادر الوراثية غير المتأقلمة، ويؤدى

إستخدام هذه التراكيب إلى وجود بعض المشاكل نتيجة الارتباط بين جينات الصفات المرغوبة وجينات الصفات غير المرغوبة.

4- أن جينات المقاومة للجفاف غالباً ما تكون موجودة في الأنواع البرية التي يؤدى نقلها إلى الأصناف المحلية، ظهور بعض المشاكل من أهمها عقم نباتات الجيل الأول الهجيني، الأمر الذى يقلل من فرص الحصول على توليفات جديدة تتحمل الجفاف.

5- تحتاج التربية لتحمل الجفاف إلى إرتباط وثيق وتعاون قوى بين تخصصات متعددة كالوراثة والتربية والفسيولوجي والأراضي.

الاتجاهات الحديثة في التربية لتحمل الجفاف

Recent approaches in breeding for drought tolerance

أولاً: دور التقنية الحيوية في التربية لتحمل الجفاف

Role of biotechnology in breeding for drought tolerance

يزداد تعرض المساحة القابلة للزراعة لظروف الإجهاد، الأمر الذى يحد من إحتمال الحصول على مستويات محصول عالية تحت هذه الظروف. ويعد تحمل الجفاف ظاهرة معقدة مسئول عنها التعبير المتزامن لعدد من الجينات التى تتفاعل مع متغيرات الطقس وظروف التربة والمراحل التطورية للمحصول. ويتطلب ذلك ضرورة تطوير التراكيب الوراثية لتحمل ظروف البيئة القاسية مع فقد قليل فى المحصول.

ولقد ساهمت طرق التربية التقليدية على مدى العقود السابقة فى تحسين إنتاجية عديد من المحاصيل، إلا أن هذه الطرق لها محدداتها والتى ترجع إلى محدودية المستودع الجينى، ووجود بعض الحواجز بين الأنواع والأجناس والتى تحد من نقل الجينات... وغيرها. وتقدم البيولوجيا الجزيئية طرقاً جديدة لتعيين الجينات المسئولة عن تحمل الإجهاد البيئى غير الحيوى فى الأنواع بعيدة القرابة، والكائنات الحية، ونقل الجينات المنتخبة إلى نباتات المحاصيل، قاهرةً بذلك حواجز عدم التوافق والبعد الوراثى.

فتعتبر الهندسة الوراثية أداة هامة فى منظومة البحث العلمى لتطوير تحمل نباتات المحاصيل لظروف الإجهاد البيئى والتى ظهرت ثمـارها فى عديد من النواحي كما سيأتى ذكره.

أ- الواسمات الجزيئية وتعيين جينات تحمل الجفاف :

Molecular markers and identification of drought tolerant genes

تلعب الواسمات الجزيئية المرتبطة بالصفات المسئولة عن تحمل الجفاف دوراً هاماً فى تحسين تحمل الجفاف فى برامج التربية. وتتعدد الطرق المستخدمة فى تعيين جينات التحمل والتعرف على التراكيب الوراثية المتحملة للجفاف، ومن أهم هذه الطرق ما يلى:

أ - 1 - التفريد الكهربي للبروتينات الذائبة Electrophoresis

يعتبر الفصل الكهربى للبروتينات من المعلمات الوراثية الكيموحيوية، وأداة فعالة فى التعرف على وتشخيص مختلف أصناف المحاصيل وذلك من خلال الأشكال المختلفة للحزم التى يمكن رؤيتها بصبغات إنزيمية معينة على جيل النشا. وتعطى طريقة التفريد الكهربى دليلاً مباشراً على وجود الچين المؤثر فى صفة ما وذلك نظراً لأن كل أنزيم يتحكم فى إفرازه چين معين بشكل مباشر.

وقد أستخدمت هذه التقنية بكثرة كاختبار سريع ودقيق فى التنبؤ بالتفاوت الهجينى والقدرة على الائتلاف فى هجن عديد من المحاصيل الحقلية. حيث أفادت على سبيل المثال، فى تمييز إثنين من الحزم هما 81. 96 KDa و MW 122.76 كمعلمات Marker bands فى خمسة آباء وعشرة هجن ناتجة عنها فى الذرة الشامية. وأمكن تمييز ستة هجن بعدد من الحزم يفوق آبائها، أظهرت قوة هجين لمحصول الحبوب تحت ظروف الجفاف **(Abdel - Sattar and Ahmed, 2004)**.

كما ساعدت فى تعضيد نتائج الانتخاب المباشر للمحصول فى نسل الجيل الثانى وتمييز بعض العائلات المتفوقة عن آبائها فى قمح الديورم تحت الظروف البيئية المختلفة. وأظهر تحليل جودة الحبوب قيماً عالية لـ SDS ومحتوى البروتين والصبغة الصفراء فى سلالات الجيل الخامس المبشرة **(Al - Hakim and Jaradat, 1998)**.

علاوة على ذلك، فقد ساعد تطبيق هذه التقنية فى التشخيص الجزيئى للچينات المرتبطة بالإجهاد، وتمييز الفروق الوراثية بين الأصناف المتباينة فى تحملها للجفاف حيث ظهرت حزم مفرقة مميزة لصنف الأرز المتحمل N22 وغابت فى الصنف الحساس Panidhan، تحت ظروف الإجهاد المائى والرش بحمض الابسيسيك، تم قطعها ومضاعفتها وادخالها إلى حوامل مناسبة، وإختبار الحزم المدخلة إلى الحوامل فى التراكيب الوراثية الناتجة لظروف الإجهاد (**Tyagi *et al.*, 2003**).

إلا أن التقديرات المتحصل عليها من تحليل الايزوزيم ربما تكون متحيزة أو بها إنحراف Biased نظراً لأن هذا النمط من التحليل يعتمد فقط على جزء قليل من الچينوم (**Second, 1982**). ولذلك أتجهت الدراسات إلى إستخدام تقنيات تشخيصية أكثر تقدماً تعطى درجة أعلى من الدقة فى التشخيص إعتماداً على دنا.

أ- 2- معلمات د.ن.ا (دنا) DNA - markers

تحتاج صفوة سلالات التربية الناتجة فى الأجيال الانعزالية عقب التهجين أو المعاملة بالمطفرات إلى التشخيص الوراثى للتعرف على التركيب الوراثى وحماية حقوق المربى Protect breeder's right. ومن المعروف أن تقدير التباين الوراثى فى نباتات المحاصيل، يعتمد على الصفات المظهرية، وتقدير بعض المؤشرات الوراثية، إلا أن هذه الطرق ينقصها القدرة على التحقق Resolving power المطلوبة للتعرف على السلالات الناتجة.

وتفيد التقديرات المتحصل عليها من تحليل الايزوزيم **Isozyme** فى عملية تشخيص التراكيب الوراثية، إلا أنها قد لا تعطى النتائج المرجوة. ولذلك أستخدمت فى السنوات الأخيرة طرق متقدمة فى عملية التشخيص عرفت بالمعلمات الجزيئية أو معلمات دنا مثل **RFLP**، **RAPD**، **PCR**، **AFLP**، **SSR**، **ISSR**، **SCAR**، **STS**، **QTL** وغيرها.

وتمكن هذه الطرق من تقدير التباين الوراثى على مستوى الحمض النووى دنا وتحديد درجة القرابة بين التراكيب الوراثية وحتى الانعزالات الفردية. ونظراً لأن تحمل الجفاف من الصفات المعقدة، لذا يعمد مربى النبات إلى دراسة الصفات المرتبطة وتعيين المواقع الوراثية المسئولة عن وراثة هذه الصفات، والانتخاب لها بمساعدة هذه المعلمات الوراثية Marker assist selection بهدف تحسين تحمل الجفاف.

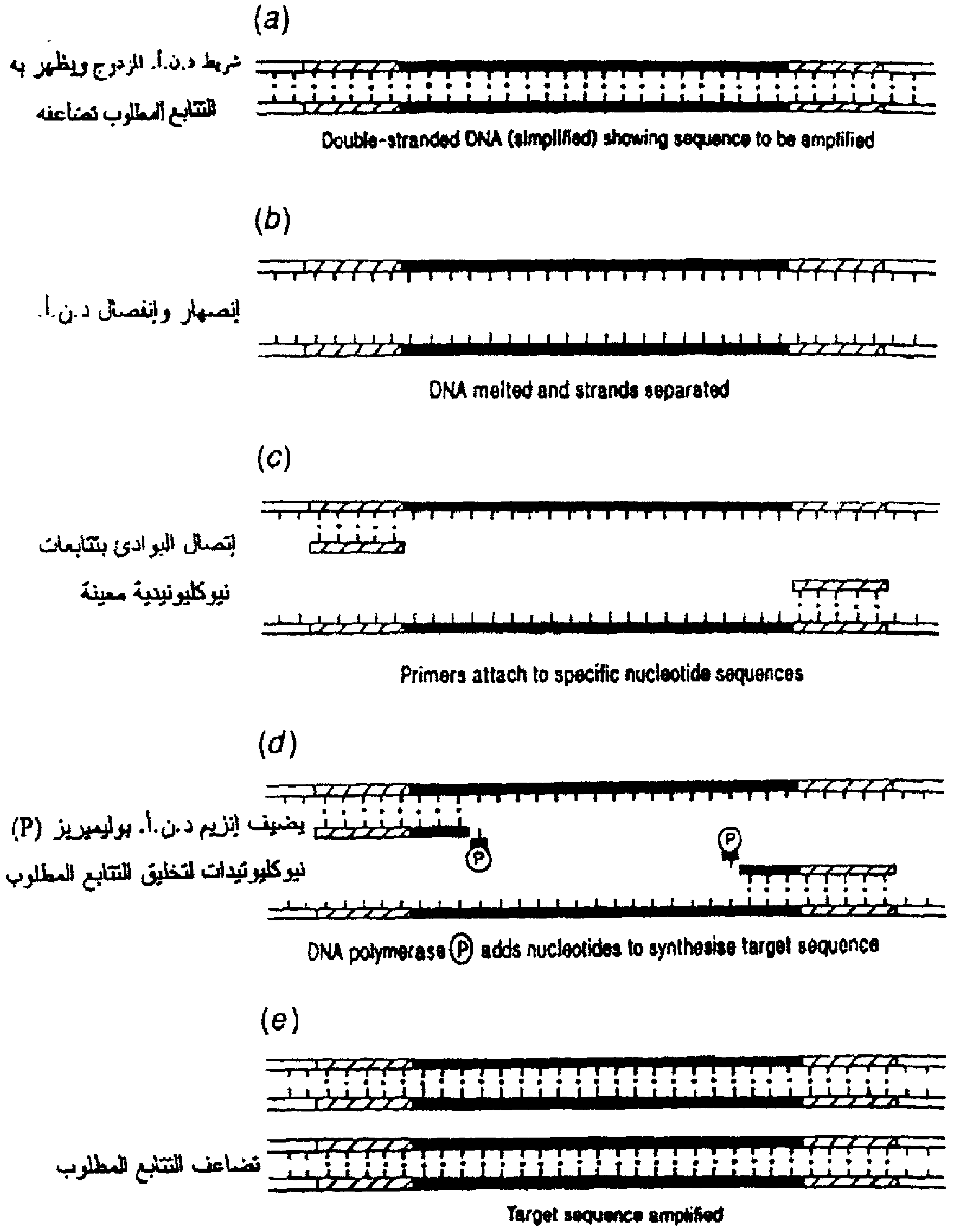
أ-2 -1- تقنية تفاعل البلمرة المتسلسل Polymerase chain reaction (PCR) :

تعتبر الـ PCR من التقنيات الهامة فى تشخيص الأمراض الجينية فى الإنسان، وأمراض النبات ودراسة العلاقات الجينية على مستوى الأنواع وتحت الأنواع، وتحديد المحتوى الجينى وتعريف التراكيب الوراثية التى تحمل جينات المقاومة من خلال الاختلاف فى أشكال الحزم Pattern of bands (**Williams *et al.*, 1990**).

وتتميز هذه التقنية بالسهولة والسرعة، حيث يحتاج تضاعف وفصل د. ن. ا من 4 - 6 ساعات فقط بعد عملية إستخلاص دنا، كما أنها أقل إحتياجاً إلى التجهيزات المعملية والعمالة، وأكثر أماناً لعدم ضرورة إستخدام مواد مشعة علاوة على إحتياجها إلى كميات قليلة من مستخلص د. ن. ا (شكل 1 - 18). وتوجد عدة أنواع من تحليل الـ PCR منها: AP - PCR, MR - PCR, AS - PCR, RT - PCR, ALU - PCR, RAPD - PCR.

وقد أمكن توظيف تقنية الـ PCR فى دراسة وغربلة 85 تركيب وراثى من عشيرة هجين الأرز IR 64 x Azucena، حيث تحقق وجود ارتباط موجب ومعنوى بين أقصى طول للجذر ومعلمى الانتخاب OPBH 14 و RM 201 تحت ظروف الجفاف (**Mane *et al.*, 2003**).

كما أفادت تقنية النسخ العكسى لتفاعل البلمرة المتسلسل (RT_PCR) وتحليل الفصل اللونى للأنزيمات Spectrophotometer فى التمييز بين أصناف القمح المختلفة على مستوى دنا حيث لوحظ حدوث تعبير عالى لنشاط جين Ascorbate peroxidase (*APx*) تحت ظروف الإجهاد فى الأصناف المتحملة C 306، PBW 175، PBW 396، HD 2285 مقارنة بالأصناف الحساسة K 8027، HDR 77، NI 5439، HD 2781 وكانت الزيادة فى النشاط الأنزيمى أعلى ما يمكن فى الصنف المتحمل C 306 (**Das and Bansal, 2003**). كما مكنت تقنية الـ PCR - CTPP من تحديد اثنين من الاليلات لجين الطبقة الشمعية فى الجيل الثانى لهجين الشعير « Yon Kei 9456 × Yon Kei 9311 » وكانت نسبة الانعزال 1 : 2 : 1، فى إشارة إلى وجود موقع واحد ذو اليلين يتحكم فى وراثة هذه الصفة (**Doman *et al.*, 2004**).



شكل(1 - 18): تقنية تفاعل البلمرة المتسلسل (PCR)

أ - 2 - 2- تقنية الـ RAPD Random amplified polymorphic DNA

تستخدم هذه التقنية فى التعرف على الصور والأشكال المظهرية المتعددة والاختلافات الوراثية وتعريف الأصناف ودراسة علاقات نشوء وتطور الأنواع وتحديد النسب فى مدى واسع من الأنواع النباتية. فقد أمكن توظيف هذه التقنية فى تقدير درجة التباعد الوراثى وعلاقة القرابة بين قمح الخبز *T. aestivum* والقمح الأوروبى *T. spelta* وقمح Tibetan **(Sun *et al.*, 1998)** وفى تقسيم الأصول الوراثية للقمح **(Cao *et al.*, 1999)** وتعريف الأصناف وتحديد النسب وعمل بصمة دنا فى سلالات وأصناف القمح **(Cao *et al.*, 2002 and Teshale *et al.*, 2003)**.

كما أفادت تقنية الـ RAPD فى توصيف الاختلافات الوراثية بين ستة تراكيب وراثية من قمح الخبز المصرى تمثل الآباء الثلاث سخا 8 وجيزة 164 وسدس 1 وثلاث منتخبات ناتجة عنها هى الطفرة الشمعية V_1 المنتخبة من سدس 1 المشعع، والمنتخب الثانى V_2 من الهجين سدس 1 × جيزة 164 والمنتخب الثالث V_3 من الهجين سخا 8 × جيزة 164. وقد أعطى 12 بادئ من بين 17 بادئ عشوائى اختلافات على مستوى الحمض النووى دنا. وأظهر المنتخب الثالث V3 المتحمل للجفاف أكبر عدد من الواسمات السالبة الفريدة (6)، أمكن استكشافها بالبادئين OPB - 16 و OPA - 12. وقد تميز كل من التركيب الوراثى المتحمل V_2 والصنف سخا 8 بواسم سالب فريد أمكن تحديده بالبادئين OPB - 16, OPB - 06، على الترتيب. وكانت أعلى نسبة تماثل وراثى (96٪) بين الأب سدس 1 والطفرة الشمعية V_1؛ 91.6٪ بين الأبوين سخا 8 وجيزة 164 و 91٪ و 86.4٪ بين المنتخب الثالث V_3 وكل من أبويه جيزة 164 وسخا 8، على الترتيب **(Al - Naggar *et al.*, 2004 b)**.

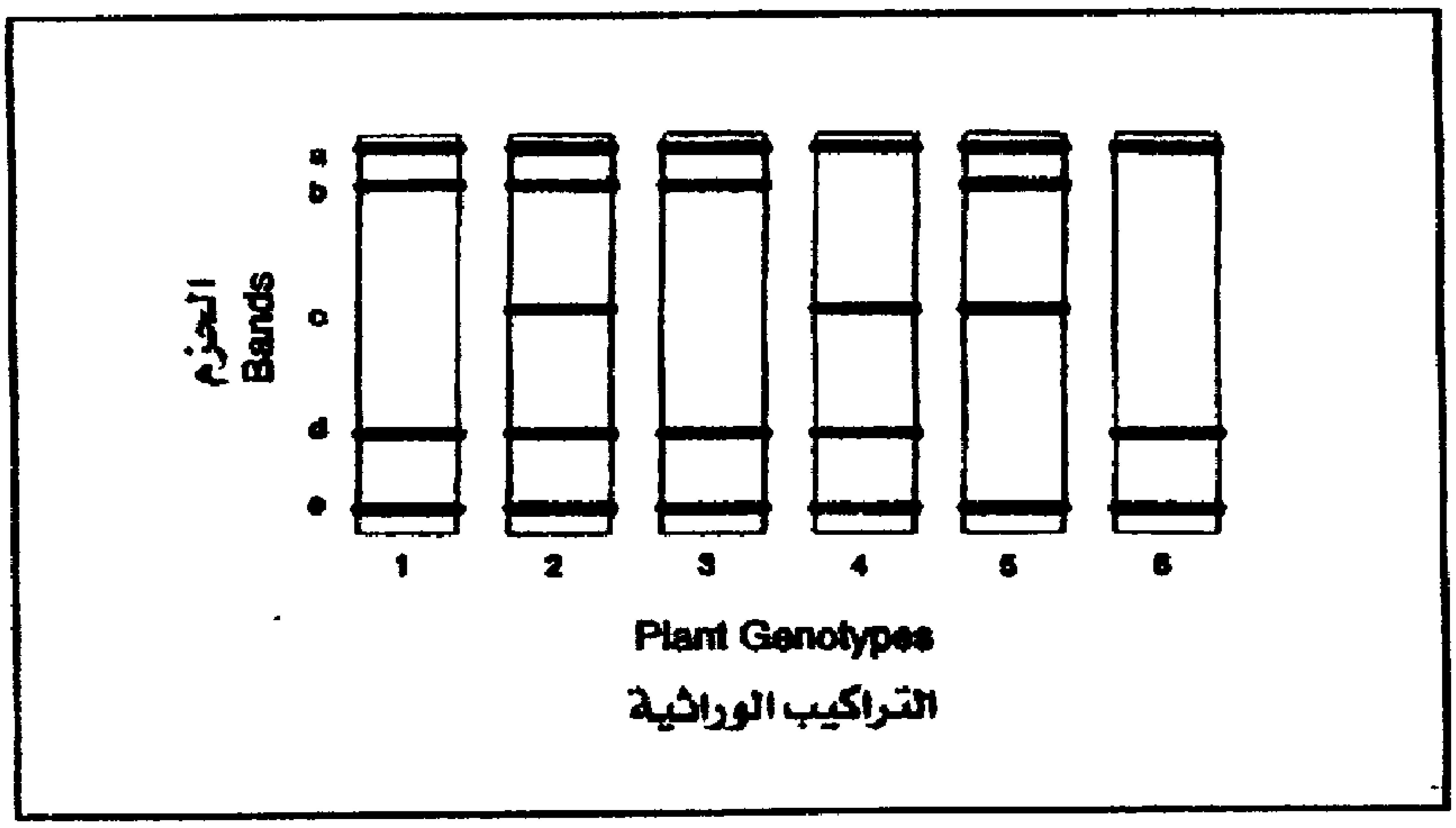
كما أفادت هذه المعلمات فى تحديد المواقع الوراثية المرتبطة بتعبير تحمل الجفاف فى 98 سلالة مرباة داخلياً من الذرة الرفيعة من الهجين بين الصنف TX 7078 (المتحمل للجفاف – قبل التزهير – الحساس بعد التزهير) والصنف B 35 (الحساس قبل التزهير – المتحمل بعد التزهير) تحت ظروف جفاف قبل التزهير والرى الكامل. حيث أمكن باستخدام 150 معلم من الـ RAPD و 20 معلم من الـ RFLP، تعيين 6

مواقع چينومية إرتبطت مع تحمل الجفاف فى مرحلة ما قبل التزهير و 8 مواقع كانت أكثر إرتباطاً مع المحصول أو مكوناته تحت ظروف الرى الكامل وإرتبط تعبير عديد من المواقع مع تحمل الجفاف تحت ظروف الإجهاد المعتدل والشديد (Tuinstra *et al.*, 1996).

أ-2 - 3- تقنية الرفلبات:

Restriction fragment length polymorphism (RFLP)

يعتبر تحليل الرفلبات أداة هامة للتمييز بين عينات دنا على مستوى الأنواع والسلالات والتعرف على نشوء الأنواع وتحديد العلاقة الوراثية بين وفى داخل الأجناس وتعريف الأصناف وتقييم التراكيب الوراثية وعمل الخرائط الوراثية. كما يستخدم كأداة مساعدة للانتخاب فى برامج التربية لتحسين الصفات الهامة حيث تظهر حزم فريدة فى الأصناف المقاومة وتغيب فى الأصناف الحساسة (شكل 1 - 19).



شكل(1 - 19): يوضح كيفية استخدام تقنية الـ RFLP في الانتخاب لأحد الصفات المرتبطة بالمقاومة للجفاف في برامج التربية

ويوضح الشكل نظام حزم الـ RFLP فى 6 سلالات من القمح تختلف فى المقاومة للجفاف. فإذا كان معروفاً من بين السلالات الست، تميز السلالة 2 و 4 و 5 بالمقاومة للجفاف، ونظراً لوجود الحزمة c فى هذه السلالات المقاومة 2، و 4 و 5، فقط وغيابها فى السلالات الأخرى الحساسة 1 و 3 و 6. فتشير معلمات الـ RFLP إلى ارتباط الحزمة c بالچين المتحكم فى الصفة المرتبطة بالمقاومة للجفاف.

(عن: Poehlman and Sleper, 1996)

ويعتبر العالم **Botstein** ومساعدوه **(1980)** أول من إستخدموا هذه التقنية فى رسم الخرائط الكروموسومية للإنسان، ثم تلى ذلك إستخدامها فى الكائنات المختلفة. ويعتمد هذا النوع من المعلمات على التباين الموجود فى تتابعات القواعد المكونة لدنا بين السلالات المختلفة.

وقد أمكن تطبيق هذه التقنية فى برامج السميت CIMMYT لتربية الذرة الشامية، وساعدت فى تحديد الچينات المتحكمة فى مقاومة الإجهادات، من خلال الارتباط الحادث بين المعلمات الجزيئية وتلك الچينات.

فقد أستخدمت معلمات الـ **RFLP** فى تعيين الچينات المتحكمة فى مقاومة الجفاف وساهمت فى تحديد المواقع الوراثية المؤثرة فى القدرة المحصولية تحت ظروف الشد الرطوبى، حيث أفاد استخدام تحليل الـ RFLP فى معلمات الصفة الكمية QTLs فى تبيان التأثير المعنوى للمواقع الچينومية الموجودة على الكروموسومات 1، 3، 5، 6، 8 فى تحمل الذرة الشامية للجفاف **(Agrama and Mousa, 1996)**، وتعيين المواقع المسئولة عن تركيز حمض الابسيسيك فى أوراق الذرة الشامية تحت ظروف الجفاف **(Tuberosa *et al.*, 1998)**. كما أفادت تقنية الـ RFLP فى تعيين 6 مواقع چينومية لتحمل الجفاف فى مرحلة ما قبل التزهير فى سلالات هجين الذرة الرفيعة TX 7078 × B 35 **(Tuinstra *et al.*, 1996)**، وفى تعيين ثلاث مقاطع طولية محددة مستقلة متعددة المظاهر من دنا فى عشيرة عباد الشمس HAR 4 × SA 52، مثلت حوالى 35٪ من التباين فى الصفات المرتبطة بتحمل الجفاف **(Lambrides *et al.*, 2002)**.

أ-2 - 4- معلمات الصفة الكمية Quantitative trait loci QTLs

لما كانت المقاومة للجفاف تبدو من الصفات الكمية المعقدة التى يحكمها عديد من العوامل الوراثية وتتأثر إلى حد كبير بالظروف البيئية ومسئول عنها العديد من الصفات النباتية؛ الفينولوچية والمورفوفسيولوچية والكيموحيوية، كان من الأهمية دراسة المواقع الوراثية المتحكمة فى وراثة تلك الصفات من خلال معلمات الصفة الكمية QTL.

فقد أفادت معلمات الصفة الكمية QTLs إستناداً إلى الخريطة الكروموسومية لـ 48 سلالة ثنا أحادية من القمح باستخدام تقنيتى AFLP و SSR، فى إثبات أن الچينات المؤثرة فى صفة طول فترة حياة ورقة العلم، كمحدد لتحمل الجفاف، واقعة تحت نظام التحكم الوراثى غير البسيط ومحكومة بچينات على الكروموسومات 2 B و 2 D.

(**Verma *et al.*, 2004**)

وبتطبيق تقنية معلمات الصفة الكمية QTLs على 167 سلالة فى الجيل الثامن لهجين الشعير بين الصنف Tadmor (المتحمل للجفاف) و Er/ Apm (المتأقلم لظروف بيئية معينة)، أمكن تحديد 1 إلى 12 موقع للصفة الكمية QTLs، تشير إلى إحتواء الچينوم على عديد من الچينات المتحكمة فى الصفات المرتبطة بتحمل الجفاف مثل محتوى الماء النسبى للورقة، الجهد الاسموزى للورقة، والضبط الاسموزى وكفاءة استخدام الماء وتركيز المواد الكربوهيدراتية الذائبة فى الماء. وقد إرتبط إثنان من الچينات الجديدة وثمانى تتابعات مختلفة التعبير مع معلمات الصفة الكمية QTLs للصفات المرتبطة بتحمل الجفاف (**Diab *et al.*, 2004**).

وفى الأرز، أمكن قياس تعبير نصف چيناته تقريباً (21.000 چين) واكتشاف 12 چين فى الأب المنخفض الضبط الاسموزى CT 9993 عند مستويات الإجهاد الرطوبى المتوسط، وأكثر من 200 چين فى الأب العالى فى الضبط الاسموزى IR 62266. واكتشاف 69 چين Up - regulated تعمل تحت ظروف الإجهاد فى السلالات عالية الضبط الاسموزى، وقد أفتقدت السلالات منخفضة الضبط الاسموزى إلى 9 من هذه الچينات. ويتحكم أربعة من هذه الچينات فى تخليق السكروز، والبروتين ومقاومة الصدمة الحرارية مؤكداً دورها الحيوى فى المحافظة على الضبط الاسموزى العالى وثبات الأغشية (**Hazen *et al.*, 2005**).

كما أمكن تمييز أحد معلمات الصفة الكمية QTL يزيد من عدد الأيام من الزراعة حتى التزهير فى نباتات الأرز غير المعرضة للإجهاد، يؤثر على الحجم والوزن الجاف للجذور تحت ظروف الإجهاد (**Venuprasad *et al.*, 2002**). كما فسرت خمس

معلمات للصفة الكمية 50٪ من التباين فى كمية المحصول وتحديد طرز مختلفة للفعل الجينى للمواقع المسئولة عن تحمل الجفاف والمحصول فى الذرة الشامية (Agrama and Moussa, 1996)، وفى تعيين المواقع الوراثية المؤثرة فى محتوى حمض الابسيسيك فى أوراق 80 عائلة فى الجيل الرابع للهجين بين السلالة Os 420 عالية المحتوى من حمض الابسيسيك × السلالة IABO 78 المنخفضة فى محتوى حمض الابسيسيك فى مرحلة الاستطالة قبيل الإخصاب تحت ظروف الجفاف فى الحقل. وإرتبط 4 معلمات للصفة الكمية معنوياً مع المحتوى المنخفض للحمض، مثلت 66٪ من التباين المظهرى و 76٪ من التباين الوراثى بين العائلات، وكانت مساهمة الاليلات المزيدة للحمض راجعاً إلى السلالة Os 420 (**Tuberosa *et al.*, 1998**).

إضافة إلى ما تقدم،فقد أفادت تقنية QTLs فى تحديد 13 موقع جينومى إرتبطت مع واحد أو أكثر من قياسات تحمل الجفاف فى مرحلة ما بعد التزهير فى الذرة الرفيعة، وتمييز عديد من المواقع المرتبطة بمعدل وفترة إمتلاء الحبوب. حيث إرتبط معدل إمتلاء الحبوب العالى وفترة إمتلاء الحبوب القصيرة مع حجم الحبوب الكبير. وتلازم موقعين مع الاختلافات فى ثبات متوسط السلوك تحت ظروف الجفاف (**Tuinstra *et al.*, 1997**).

وتشـ . . " "ج إلى أهمية إستخدام المعلمات الجزيئية كمساعدات للانتخاب فى ... ـيل لتحمل الجفاف.

تقنية نقل الجين Gene transfer technology

عد أمكن باستخدام التقنيات الحديثة وطرق نقل الجينات الحصول على نباتات تحمل إجهاد الجفاف، إذ تمكن معهد بحوث النبات بكاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية من نقل صفة مقاومة الجفاف من أحد النباتات الصحراوية والتى ثبت أنها أحد الأصول الوراثية للقمح المنزرع إلى الأصناف الجيدة عالية المحصول من القمح عن طريق نقل المادة الوراثية والتى يمكن نقلها أيضاً إلى أى محصول نجيلى آخر من محاصيل الحبوب.

كما نجح العلماء المصريون فى إنتاج قمح معدل وراثياً متحمل للجفاف عن طريق

نقل چين "$HVA1_1$" من الشعير، حيث تميزت النباتات الناتجة بزيادة المحصول وارتفاع النبات فى إختبارات التقييم فى الصوبة والحقل مقارنة بالصنف المحلى. وأوصت الدراسة بأهمية إدخال هذه التراكيب الوراثية فى برامج التربية لتحمل الجفاف فى منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط، وكذا فى غزو الصحراء **(Bahieldin, 2004)**.

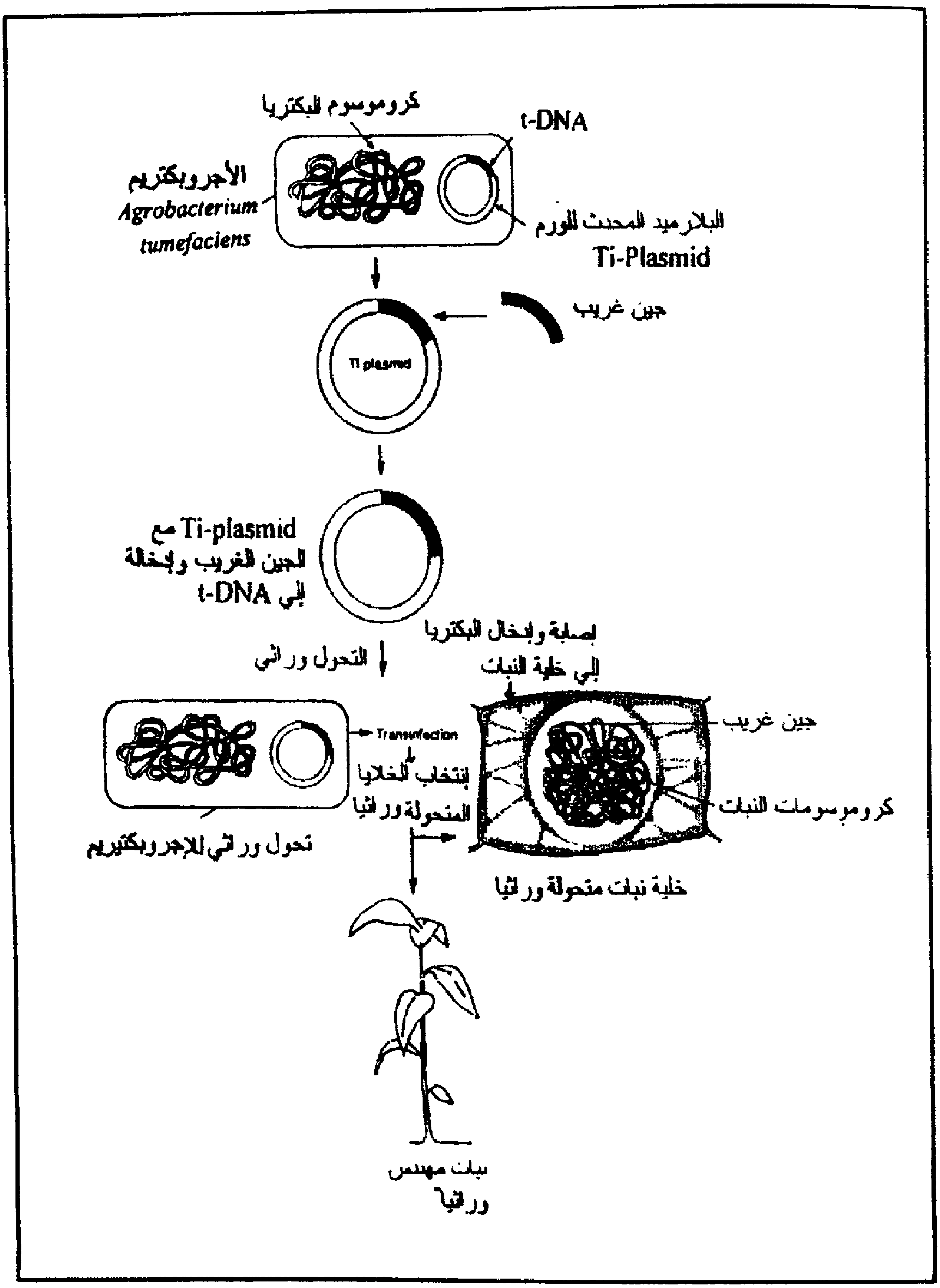
كما نجحت بعض المجموعات البحثية فى الهند فى تحديد چينات معينة لها أدوار معروفة فى زيادة تحمل الظروف البيئية القاسية. فقد أمكن تعيين عدد من الچينات المتحكمة فى تخليق مختلف الذائبات المتوافقة مثل، الچين *mtl* للمانيتول؛ والچين P_5 *CSF 129A* أو P_5 *CS* للبرولين، والچين *beta /bet B* أو *coda/ cox* للجلايسين بيتاين؛ والچين tps_1 للتريهالوز *Trehalose* والچين int_1 لـ د – أونونيتول *D - ononitol*، والإشارة إلى أهميتها فى تحسين تحمل نباتات المحاصيل للإجهاد البيئى غير الحيوى. وقد حققت هذه المجموعة البحثية تقدماً فى مجال تحسين تحمل صنف الكانولا Brassica Juncea Pusa Jaikisan للملوحة والجفاف والحرارة المنخفضة عن طريق نقل چين *cada* من *Arthrobacter globiformic* باستخدام بكتريا *Agrobacterium tumefaciens* كوسيط انتقال (شكل 1 - 20). كما أمكن إنتاج سلالات من الحمص والعدس والفول السودانى والذرة الرفيعة والخردل معدلة وراثياً بچينات *coda* و P_2 *CSF 129A* و *mtld* و tps_1 تتحمل الإجهاد الاسموزى **(Sharmila and Saradhi, 2003)**، وهجن من قصب السكر معدلة وراثياً بچين تخليق التريهالوز *Tsase* مقاومة للاجهاد الاسموزى **(Wang *et al.*, 2003b)**.

وأمكن التعرف على خمسة چينات لتحمل الجفاف فى الفول السودانى تم عزلها وتحميلها على حوامل Vectors ونقلها إلى الأصناف الحساسة والحصول على 16 توليفة وراثية، تميز أربع منها بوجود چينات مختلفة لتحمل الجفاف **(Sudhakar *et al.*, 2003)**.

چينات/ بروتينات ينظم فعلها بظروف الاجهاد البيئي:

Gense/ proteins regulated by environmental stress

يعتبر تتبع سلسلة التغيرات الكيموحيوية والجزيئية المؤدية إلى تحسين تحمل الجفاف من الأمور الهامة عند دراسة الأساس الجزيئى لأقلمة التراكيب الوراثية لتحمل الجفاف.



شكل (1 - 20) : خطوات هندسة نباتات من المحاصيل مقاومة للاجهاد

باستخدام الاجروبكتريم

ففى الشعير، أمكن تحديد عديد من الچينات التى ينُظم (يتغير) تعبيرها بالحرارة المنخفضة وأحياناً بالجفاف وقد أمكن عزل بعضاً من هذه الچينات من چينوم الشعير، وتحديد أثنين من سلالات دنا المكمل cDNA clones هما paf 93 و cdr 29. كما لوحظ أنه خلال المراحل المبكرة من الجفاف يحدث تعبيـر لحمض mRNAs الرسول قبيل حث الچينات المنظمة المعروفة والمسئولة عن إنتـاج حمـض الابسيسـيك ABA تحـت تأثير الإجـهاد الرطوبى.

وفى سياق التحكم الچينى يأتى دور تعبير چين annexin والموجـود فى عـديد من الأنواع النبـاتيـة، كـالأرز والارابيـدوبسـيس، فى تحـمل الإجـهـاد الرطوبى تحت ظروف الزراعات المطرية. حيث يمثل چين annexin عائلة من 13 تمايزاً distinct فى أصناف الأرز الهندية المنتخبة تحت مستويات مختلفة من الإجهاد. ولوحظ أن هذا الچين يرتبط تركيبياً بالكالسيوم Ca^{2+}، ويعـتـمـد على بروتينات مـرتبطة بالغـشـاء الخلوى مع فوسفوليبيدات متخصصة. وفى نبات الارابيدوبسيس أمكن تمييز وعزل وكلونة 7 أعضاء من عـائلة چين annexin، تنتشر فى البروتينات الخلوية وخاصة السيتوبلازم والأغشية الخلوية والنواة، وأتضح دورها فى تحـمـل الإجـهـاد فى النبـات **(Barthakur and Bansal, 2003)**.

إضافة إلى ما تقدم ذكره، فقد تأكد وجود مواد حـماية Protective substances عبـارة عن بروتينات مرتبطة بالإجـهاد، قـادرة على حـماية التـركيب الخلوى ونشـاط البـروتينات الوظيفـية الأخرى وتدعيم نمو النبات تحت ظروف الجفاف، سـميت Plant chaperone - like stress - associated proteins (SP_1 and related proteins) مشابهة للبروتينات المرتبطة بمقاومة المسببات المرضية **(Wang *et al.*, 2003a)**.

كمـا ثبت وجود بروتينات فريدة مرتبطة بتحمل الجفـاف فى النباتات الراقية مثل Peptidyl prolyl cis-trans isomerases (PPIsases)، وقد أمكن عزل ونسخ مختلف چينات PPIsases من النبـاتات الراقـية، وحث تعبير عـديد منها بمختلف الإجـهـادات البيئية، وتأكد دورها من خلال تأثير الإجهاد المائى على النشاط الكلى لـ PPIsases فى صنفين من الذرة الرفـيـعـة مـختلفين فى تحـمل الجـفـاف. حيث إزداد مـعنوياً نشـاط

PPIsases الكلى فى أنسجة الصنف المتحمل للجفـاف مقـارنة بالصنف الحساس. وأعزى نشاط PPIsases فى الأنسـجة المختلفـة إلى وجـــود كل من Cyclophilins و FK 506 - binding proteins. ويشير ذلك إلى وجود مسارات تنظيمية مختلفة فى أصناف الذرة الرفيعة المتباينة فى تحملها للجفاف (Singh and Sharma, 2003).

جـ- تقنية زراعة الأنسجة Tissue culture technology

تفيد مزارع الأنسجة فى دراسات تحمل الجفاف وإجراء الانتخاب على مستوى القوارير أو بيئات الزراعة In vitro selection، حيث يمكن تجنب كافة العوامل التى يصعب التحكم فيها تحت الظروف الحقلية والتى قد تؤثر فى إستجابة التراكيب الوراثية لظروف الجفاف من خلال الضبط الاسموزى. ويلعب إستخدام محدثات الاسموزية Osmoticums مثل البولى إيثيلين جليكول PEG، والمانيتول و Carbowax دوراً هاماً فى تحقيق هذا الغرض.

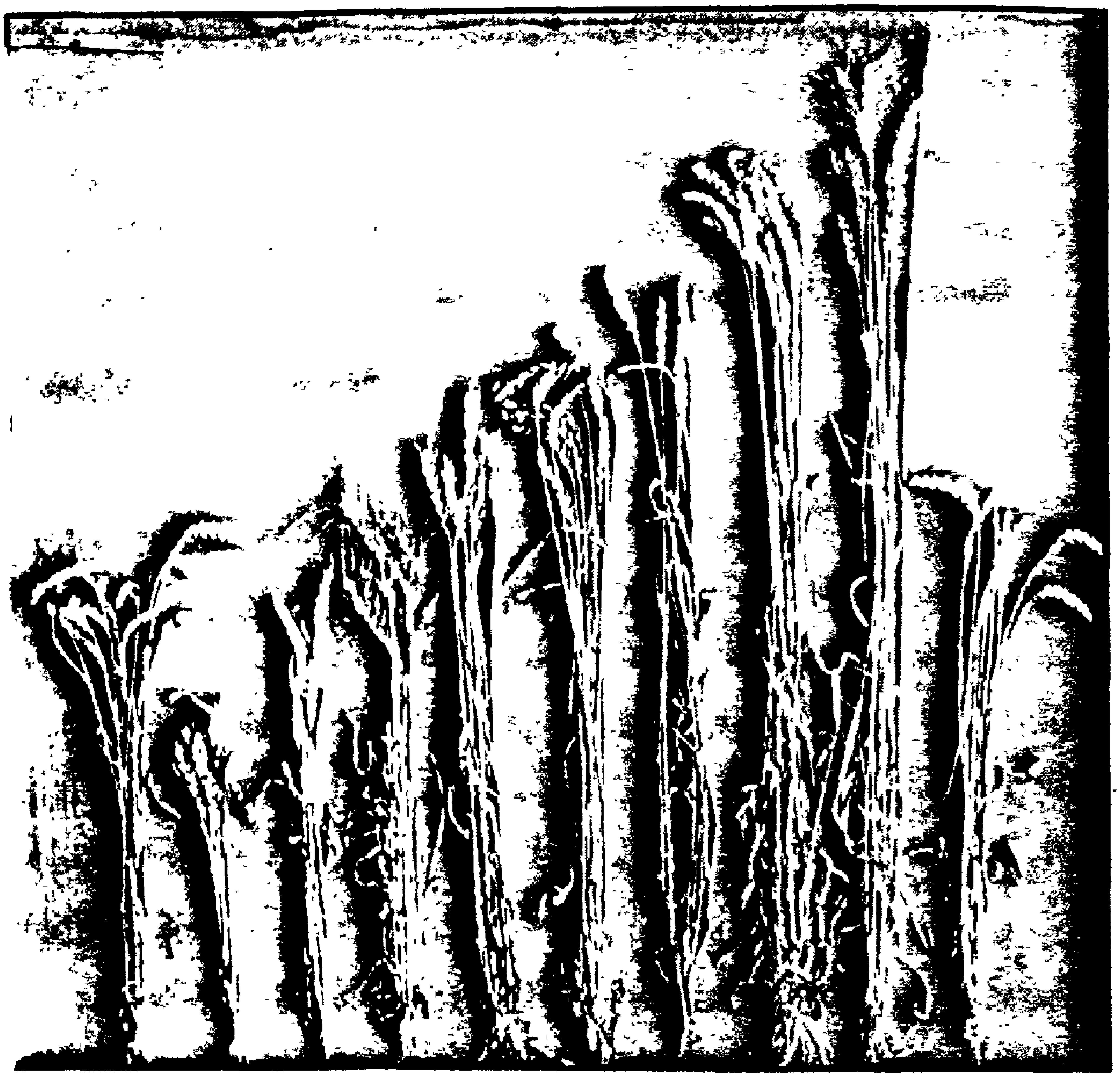
فقد أشارت الدراسات، أن إضافة البولى إيثيلين جليكول لبيئة الزراعة له علاقة بزيادة قدرة خلايا الكالوس النامى على هذه البيئات على الاحتفاظ بالماء Water retaining capacity مما يزيد من قدرة الخلايا على تحمل الإجهاد المائى، ومن ثم إمكانية استيلاد نباتات وعزل تراكيب وراثية مقاومة للجفاف.

وقد أفادت هذه التقنيات فى غربلة ثمانى تراكيب وراثية من الذرة السكرية للجفاف هى NN 4418، S 405، Tracy، MN 1060، S 301، Rio، Roma، Willey، لامكان زراعتها فى الأراضى المستصلحة حديثاً من خلال الاستجابة لتكوين الكالوس، حيث تم فصل الأجنة من البذور وزراعتها على أربعة بيئات مختلفة فى المكونات وفى تركيز هرمون 2,4 - D وتركيز الفيتامينات وهى LS -1, MS - 2, MS - 1, LS - 2 وأستخدمت تركيزات مختلفة من البولى إيثيلين جليكول هى صفر، 9، 12، 15٪ فى إختبارات تحمل الجفاف. حيث أظهرت الأصناف الثلاثة MN 1060، MN 4418 و Rio نسباً عالية فى صفات استحداث الكالوس، ووزن الكالوس والكالوس الجنينى وتكوين النمو الخضرى. ثم استكمل Makhlouf ومعاونوه (2002) تجاربهم باختيار أنسب بيئة وهى LS - 1 وتنمية أجنة الثلاثة أصناف المتميزة عليها فى وجود البولى إيثيلين جليكول

لمدة 28 يوم. حيث أظهرت النتائج أن أكثر الأصناف تأثراً بالمادة الصنف MN 4418، فى حين كان الصنف Rio أقل تأثراً.

وتفيد التباينات الجسدية **Somaclonal variation** الناتجة فى مزارع الأنسجة فى عزل سلالات خلايا تتحمل ظروف الشد الرطوبى. فعند تنمية كالوس أقماح الديورم فى بيئة تحتوى على البولى إيثيلين چليكول 10000 كمحدث للاسموزية، أمكن استيلاد 13 نبــات من 30 نبات، كانت أكثر تحمـلاً للجفـاف. وباستخدام قياسات استشعاع الكلوروفيل والتسرب الالكتروليتى للأوراق تحت ظروف الإجهاد المائى، أتضح أن تطبيق الإجهاد الاسموزى خلال مرحلة الاستيلاد كان فعالاً فى الانتخاب لتحمل الجفاف **(Hsissou and Bouharmont, 1994)**. ويبين شكل (1 - 21) بعض سلالات القمح المتباينة فى الطول ووجود السفا والناتجة من مزارع الأنسجة **(Poehlman and Sleper, 1996)**.

كما أفاد تكنيك زراعة المتوك **Anther culture** فى إنتاج سلالات من الأرز ثنا أحادية **Doupled - haploid** متميزة فى صفات كفاءة إستخدام الماء ومعدل النتح المرتبطة بتحمل الجفاف **(Nadaradjan *et al.*, 2003)**.



شكل(1 - 21): التباينات الجسدية في القمح. تظهر الآباء علي الجانبين وبينهما السلالات الناتجة من مزارع الأنسجة والمتباينة في الطول ووجود السفا

ثانياً: إستخدام النظائر المشعة Isotopes في دراسات تحمل الجفاف:

تستخدم النظائر المشعة لاقتفاء أثر المركبات الحيوية فى العمليات الفسيولوجية. ويعتبر نظير الكربون المشع C^{14} من أكثر النظائر المشعة إستخداماً فى الدراسات الفسيولوجية، حيث يستخدم فى دراسة تمثيل الكربون بواسطة الأوراق الخضراء الحية، وأستخدمه

كالفيين وبينسون فى التعرف على المركبات الوسطية فى عملية التمثيل الضوئى ووجدا أن ثانى أكسيد الكربون $^{14}CO_2$ الممتص يتوزع كالتالى :

87٪ حمض فوسفوجليسريك

10٪ حمض فوسفوبيروفيك

3٪ حمض ماليك.

كما أفاد إستخدام الكربون المشع فى إستكشاف عملية التخليق الحيوى للمركبات المختلفة بالنبات، بالإضافة إلى إمكانية إستخدامه فى إنتاج مواد عضوية مرقمة بالكربون المشع رخيصة الثمن مثل الجلوكوز المرقم وغيره.

كما تستخدم النظائر الثابتة N^{15} فى دراسة تحولات وحركة النيتروچين بالنبات والتربة ويستخدم نظير الاوكسچين O^{18} فى دراسات التمثيل الضوئى بالنبات، حيث أمكن معرفة أن الاوكسچين الناتج من عملية التمثيل الضوئى مصدره مباشرة الماء.

وعموماً يجرى تحليل نسبة نظير الكربون التمييزى Carbon isotope discrimination (CID) $C^{13}/\,^{12}C$ باستخدام جهاز Multiple - collector mass spectrometer متصل بمحلل Analyser meter والذى يسمح بتحليل 50 عينة نباتية فى اليوم. وتقدر القيمة $\delta\,^{13}C$ للعينة النباتية من المعادلة:

$$\delta\,^{13}C\,(\%) = \{(R\ sample/\ R\ reference) - 1\} \times 100$$

حيث R sample : تمثل نسبة $^{13}C/\,^{12}C$ فى العينة النباتية.

0.0112372 = R reference

ويجرى تحليل الـ Carbon isotope discrimination للعينة النباتية والتى قد تكون عينات من الأوراق فى مرحلة التزهير أو قطاعات من السيقان الناضجة أو الحبوب عند الحصاد وتقاس قيم CID (Δ) والتى تعكس الفرق بين تركيب النظير فى الهواء (δ a) وتركيب النظير فى العينة النباتية (δ p)، لتكون المعادلة فى الصورة الآتية:

$$CID\,(\Delta) = (\delta^{13}Ca - \delta^{13}Cp)/\,(1 + \delta^{13}Cp)$$

حيث تعتبر قيم (Δ) CID معياراً لتحسين كفاءة إستخدام الماء والمحصول تحت ظروف الجفاف في محاصيل الحبوب مثل القمح والشعير والبقول مثل الفاصوليا وغيرها. فهي مؤشر إنتخابى غير مباشر لتحسين كفاءة إستخدام الماء والمحصول حيث أرتبطت قيم (Δ) CID مع ضغط ك أ 2 الداخلى بالورقة والذى يضبط وينظم بكلٍ من فتحة الثغر ونشاط أنزيم RuBisCO.

وقد أشارت نتائج دراسة Al-Hakimi وآخرون (1996) إلى وجود إرتباط موجب عالي المعنوية بين قيم (Δ) ومحصول الحبوب في الأجيال الثاني والثالث لعشيرة هجين قمح الديورم (Tp9 × Om Rabi). وسجلت تقديرات عالية لمعامل التوريث فى المعنى العام وكفاءة التوريث المدركة والتحسين الوراثى المتوقع بالانتخاب لنظير الكربون Δ، في حين كانت قيم معامل التوريث فى المعنى الخاص متوسطة (37٪) (جدول 1 - 15)، في إشارة إلى أهمية كل من الفعل الجينى المضيف والسيادى فى وراثة الصفة.

جدول (1 - 15): متوسط محصول حبوب النبات وقيم Carbon isotope discrimination ومعامل التوريث للآباء والجيل الثاني لهجين قمح الديورم (Tp9× Om Rabi)

التركيب الوراثي	عدد النباتات	محصول حبوب النبات (جم)	Carbon isotope discrimination
OM Rabi	10	10.8 ± 3.0	19.58 ± 0.29
Tp9	10	7.5 ± 2.5	17.25 ± 1.02
F_2 (Tp9 × Om Rabi)	101	9.6 ± 3.5	18.77 ± 0.57
h^2_b		0.44	0.48
h^2_n		0.02	0.37
h^2_r		-	0.57

(عن: Al - Hakimi *et al.*, 1996).

ويعد إستخدام النظائر المشعة أحد الاتجاهات البحثية المفيدة فى التعرف على التراكيب الوراثية المتميزة فى كفاءة إستخدام الماء ومعدلات نمو المحصول. فيفيد إستخدام

نظير الكربون $\Delta\,^{13}C$ كتقنية بديلة لكفاءة إستخدام الماء **WUE** فى دراسة الاختلافات الوراثية فى كفاءة إستخدام الماء، كما يعتبر مقياس سريع ودقيق فى تحديد الطرز العالية فى إنتاج المادة الجافة والتى تتميز بكفاءة ميزوفيل عالية فى تثبيت الكربون ومعدل عملية الكربكسلة ومحتوى أنزيم RuBisCO. كما تعتبر الزيادة فى قيم نظير الاوكسچين $\Delta^{18}O$ مؤشر دقيق لمعدل النتح ودرجة التوصيل الثغرى.

ولقد أظهرت نتائج الدراسات، أن التراكيب الوراثية التى تتميز بالقدرة على الاحتفاظ بمحتوى عالى من الماء فى خلاياها، تكون ذات كفاءة عالية فى إستخدام الماء دون نقص فى معدل النتح، مع إنتاج عالى من المادة الجافة. فالأصناف التى تسجل قيماً منخفضة لـ $\Delta\,^{13}C$ (العالية فى كفاءة إستخدام الماء)، تقترن مع القيم العالية لـ $\Delta\,^{18}O$ (العالية فى معدل النتح)، تتميز بمعدل تراكم عالى للمادة الجافة الكلية. حيث وجدت علاقة سالبة قوية بين قيم $\Delta\,^{13}C$ وكفاءة إستخدام الماء، وعلاقة موجبة وقوية بين قيم $\Delta\,^{18}O$ ومتوسط معدل النتح.

وبناءً على تقديرات نظير الكربون $\Delta^{13}C$ والاوكسچين $\Delta\,^{18}O$ يمكن تصنيف التراكيب الوراثية فى أقسام واضحة: فالتركيب الوراثى المنخفض فى $\Delta\,^{13}C$ والمرتفع فى $\Delta\,^{18}O$ يتميز بكفاءة أعلى فى تثبيت الكربون وعملية الكربكسلة وإنتاج أعلى من المادة الجافة مقارنةً بالتراكيب الوراثية الأخرى. وفى هذا الصدد فقد سجل **Impa ومعاونوه (2003)** إختلافات وراثية معنوية بين سلالات وأصناف الأرز فى كفاءة إستخدام الماء والصفات الفسيولوچية المرتبطة. وتميزت مجموعة التراكيب الوراثية المنخفضة فى قيم $\Delta\,^{13}C$ (عالية فى كفاءة إستخدام الماء)، والعالية فى قيم $\Delta\,^{18}O$ (العالية فى معدل النتح) بإنتاج أعلى كمية من المادة الجافة. وفى هذا السياق، أمكن توظيف معلمات دنا فى دراسة صفات الثغور والميزوفيل وغربلة عديد من چيرمبلازم الأرز وتمييز التراكيب الأبوية المرغوبة باستخدام 350 بادئ Arbitrary primers لدراسة الأشكال المتعددة من دنا. وأمكن تمييز موقع چينى معين لدرجة التوصيل الثغرى باستخدام البادئ OPF_8.

وفى الفول السودانى أفاد إستخدام هذه التقنية فى غربلة 120 سلالة، حيث تميزت السلالات المنخفضة فى $\Delta\,^{13}C$ (العالية فى كفاءة إستخدام الماء) والمرتفعة فى $\Delta\,^{18}O$

(العالية فى معدل النتح) بإنتاج أعلى كمية من المادة الجافة وصلت إلى الضعف مقارنة بباقى السلالات المدروسة (Shashidhar *et al.*, 2003).

وتأكيداً لهذا التوجه فقد أرتبطت معلمات الصفة الكمية QTL مع نظير الاوكسجين $\Delta\ ^{18}O$ والكربون $\Delta\ ^{13}C$ فى سلالات الأرز الثنا أحادية - Doupled haploid الناتجة من زراعة المتوك. وأفادت فى تمييز الاختلافات الوراثية على مستوى الحمض النووى دنا فى صفتى كفاءة إستخدام الماء ومعدل النتح ذات الصلة وتحمل الجفاف (Nadaradjan *et al.*, 2003) . ويشير ذلك إلى أهمية استخدام النظائر المشعة أو الثابتة كاتجاه مفيد فى تحديد التراكيب الوراثية الأكثر كفاءة فى تثبيت الكربون وعملية الكربكسلة ومحتوى إنزيم RuBisCo لإدخالها كآباء فى برامج تحسين المحصول تحت ظروف الجفاف.

ثالثاً: دور الإشارات الخلوية في تحمل الجفاف

Cellular signals in drought tolerance

يؤدى تعرض النبات إلى مختلف إجهادات البيئة غير المناسبة كالحرارة ونقص الماء والملوحة.. وغيرها، إلى حث تراكم عديد من نواتج التمثيل النباتية منخفضة الوزن الجزيئى مثل البرولين والجلايسين بيتاين والبولى امينات مثل السبيرميدين Spermidine والبوترسين Putrescine والتى تتراكم فى الخلايا النباتية حال تعرض النبات لظروف الإجهاد.

ويؤدى تحرك الإشارة إلى الخلايا المتأثرة بالإجهاد إلى إثارة وتنبيه Trigger مدى واسع من الاستجابات فى النبات متمثلة فى تغير أو تنظيم التعبير الجينى وأيض الخلية، إلى تغيرات فى معدل النمو والناتج المحصولى، بما يؤدى إلى تحسين أقلمة النبات مع ظروف الإجهاد. وتتوفر حالياً معلومات عن مسارات الإشارات الفعالة فى الخلايا المتأثرة بالإجهاد.

وتتميز النباتات بالقدرة على تجنب ضرر الأغشية أثناء فترات الجفاف بل وإصلاح هذا الضرر عند تيسر الرطوبة الأرضية. ويعتبر ذلك أمراً بالغ الأهمية Pivotal للمحافظة

على سلامة الغشاء الخلوى ومحتوى البروتينات الوظيفية ذات الأهمية فى تنظيم الحالة المائية للنبات وانتقال المواد المجهزة.

وتشير الدراسات المتقدمة إلى أهمية الإشارة الخلوية كاستجابة ورد فعل مبكر لظروف الإجهاد، إلى جانب حث عمل الجينات الوظيفية أو المنظمة Functional or regulating genes والتأثير على عملية التمثيل الكربونى وتجزئ نواتج التمثيل بين التراكيب الثمرية وغير الثمرية وكفاءة إستخدام الماء، ومن ثم تحسين إنتاجية وجودة المنتج. فنحن بصدد كائن حى... وهو «النبات» من أعقل العقلاء، تتجلى فيه آيات الله سبحانه وتعالى بما يمكنه من التعامل مع المتغيرات فى ظروف البيئة المحيطة والتكيف معها.

وحالياً، يسعى العلماء إلى هندسة مسارات التخليق الحيوى لنواتج تمثيل البولى أمين لإمكان تحمل ظروف الإجهاد فى المحاصيل الحقلية المختلفة مثل القمح والأرز والدخان والباذنجان وغيرها. حيث أمكن نقل الجينات المشفرة لإنزيمات ornithine decarboxylase (*odc*), arginine decarboxylase (*adc*), S - adenosyl methionine decarboxylase (*samdc*) and spermidine synthase (*spd syn*) المتحكمة فى تخليق البولى أمين باستخدام الأجروبكتريم إلى تلك المحاصيل، حيث حدث بالفعل تعبير لهذه الجينات، وتميزت النباتات المعدلة وراثياً ذات المستويات العالية من البولى أمين بتحملها للجفاف والملوحة، كما كانت أكثر مقاومة لفطريات الذبول مثل *Verticilium dahlae, Fusarium oxysporum*.

وتجدر الإشارة إلى إمكان حث النشاط الأنزيمى فى النبات عن طريق المعاملة الخارجية بالمثيرات الجزيئية. فقد أدت معاملة نباتات القمح بحمض الابسيسيك وحمض السالسليك والكالسيوم إلى زيادة نشاط أنزيمات Superoxide dismutase (SOD) و Ascorbate peroxidase (APOX) والكتاليز (CAT) كما زاد محتوى فوق أكسيد الهيدروجين H2O2 و Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) كمؤشر لأكسدة الليبيد. وقد ترتب على إنتاج فوق أكسيد الهيدروجين حث تخليق البروتينات ومختلف إنزيمات مضادات الأكسدة. ولعب حمض الابسيسيك والكالسيوم

دوراً فى تفاعلات تتابع إنتقال الإشارات وعملت كرسائل ثانوية للتحكم فى فقد الماء بالنتح، والذى ظهر بوضوح فى مقاومة صنف القمح C 306 للجفاف (**Agarwal** ***et al.,*** **2003**) وحث قفل ثغور نبات *Commelina benghalensis* خلال فترات الإجهاد الرطوبى (**Apparao** ***et al.,*** **2003**).

ويجب عند مناقشة النظام المعقد المسئول عن ميكانيكية إنتقال الإشارة فى الخلايا، ملاحظة ما يلى :

1– وجود فرق جوهرى فى إدراك إشارة الإجهاد وانتقالها فى النبات المتأثر تحت ظروف الإجهاد المعتدل، أو الحاد أو تحت الميت.

2– قد يُحدث الإجهاد تغيراً أو تبديلاً فى الوظائف والميكانيكيات التركيبية، أو ربما يعمل على حث المسارات غير الفعالة فى الخلايا السليمة.

3– يؤدى الإجهاد المعتدل أو المتزايد ببطء إلى حدوث تغيرات فى الحالة المائية للخلايا وتثبيط إستطالة الخلايا ونقص ضغط الانتفاخ والتأثير على الضغط الاسموزى وحدوث تحورات فى الغشاء البلازمى وتفاعلات جدار الخلية وزيادة نشاط الأنواع الاوكسچينية (ROS)، وإضطراب مسارات التمثيل الضوئى والتنفس وتراكم حمض الابسيسيك (**Kacperska, 2003**).

4– تؤدى الاستجابة الناتجة عن الإجهاد الحاد أو غير المميت، إلى إضطراب فى تركيب غشاء الخلية وزيادة إنتاج الأنواع الاوكسچينية النشطة وتغيراً فى تدفق كاتيونات الكالسيوم Ca^{2+} من فراغات الابوبلاست وتنشيط إنزيمات الفوسفوليبيز C و D وأكسدة الأحماض الدهنية وتخليق هرمون الجروح الإيثيلين والچاسمونات والتى تعتبر منذرات بالخطر.

وعلى أية حال، تلعب چينات الاستجابة للجفاف وإنتاج حمض الابسيسيك دوراً حاسماً فى عملية أقلمة السلالات على المدى الطويل. ومن ثم، فإن تنشيط المسارات المسئولة عن ميكانيكيات الدفاع وحث چينات معينة وتخليق بروتينات متخصصة، ربما يكون له دوراً فى هذا الشأن.

وأتساقاً مع هذه الرؤية، فقد أشارت الدراسات المتقدمة التى أجريت على إنتقال الإشارات فى طفرات الارابيدوبسيس إلى أهمية الچينات المسئولة عن بروتينات G فى تنظيم عمل الأنزيمات المسئولة عن أيض النيتروچين والكربون فى النباتات الراقية. وأن تجميع مزيد من چينات الاستجابة وتحريكها إلى المحاصيل الحقلية كالأرز والذرة الشامية يؤدى إلى زيادة القدرة الإنتاجية تحت ظروف الإجهاد.

رابعاً: إستخدام موديلات المحاكاة في دراسات التربية لتحمل الجفاف:

Amplication of simulation models in drought tolerance studies

تفيد دراسة موديلات المحاكاة فى التنبؤ بإداء أصناف المحاصيل الحقلية تحت أنظمة الإجهاد المختلفة ربطاً مع متغيرات الطقس وظروف التربة في المنطقة، وإستناداً إلى الصفات المرتبطة بتحمل الجفاف فى إمكانية تحسين أقلمة أصناف المحاصيل وزيادة قدرتها الإنتاجية تحت ظروف الشد الرطوبى.

وتُمكن موديلات المحاكاة مربى النبات من دراسة ديناميكية التفاعل بين الصنف المحصولى وظروف البيئة المحيطة، ودراسة الأسس الوراثية وتوضيح دور الصفات الفسيولوچية فى تأثيرها على المحصول والأقلمة.

وقد أفادت طرق المحاكاة فى تبيان أهمية خصائص المجموع الجذرى والتبكير وبعض الصفات الفسيولوچية المرتبطة بتحمل الجفاف فى ثلاث مواقع مطرية، تمثل حزام القمح الرئيسى فى غرب أستراليا فى نوعين من التربة (رملية – وطينية)، تحت مستويين من النيتروچين والاستعانة ببيانات 90 موسم زراعى حيث أوضح **Asseng وآخرون (2002)** أهمية النمو القوى المبكر وكفاءة النتح العالية فى زيادة محصول القمح تحت الظروف المطرية. فقد صاحب النمو القوى المبكر، زيادة فى المساحة النوعية للورقة ومعدل تضاعف وإنتشار الجذور والتبكير وخفض كفاءة إستخدام الأشعة. كما أظهرت نتائج الدراسة، أنه تحت ظروف الأراضى الرملية، يمكن التوقع بحدوث زيادة تتراوح بين 20 - 30٪ فى محصول الحبوب من توليفة الصفات عند المستوى المنخفض من

النيتروچين، خاصة مع النمو السريع المبكر للجذور والمزيد لامتصاص النيتروچين. بينما تحت ظروف الأراضى الطينية، تمثل صفات التبكير وزيادة كفاءة النتح أهمية فى زيادة المحصول، لاسيما عند المستوى العالى من النيتروچين.

كما أفاد إستخدام طرق المحاكاة Simulation methods ببرامج الكمبيوتر فى وصف أنظمة الجفاف سواء (المعتدل النهائى Mild terminal، الشديد النهائى **Severe** terminal، وإجهاد منتصف الموسم Mid - season) وتأثيرها على محصول الذرة الرفيعة من خلال صفات الأقلمة وبيانات محصول 4235 تركيب وراثى فى ستة مواقع على مدى 108 سنة باتباع طرق الانتخاب التقليدية والاستعانة بالمعلمات الجزيئية كمساعدات للانتخاب.

وأظهرت النتائج أن تأثير التركيب الوراثى والتفاعل بين التركيب الوراثى × البيئة المحَدَد على أساس موسمين فقط كان كبيراً. ولذا إنخفض معامل الارتباط بين متوسط سلوك الصنف فى موسمين ومتوسط السلوك لأكثر من 500 توليفة بين السنوات - والمواقع ووصل إلى 0.4 فقط. ويشير ذلك إلى أن الاعتماد على بيانات موسمين فقط للتجريب يؤدى إلى تنبؤ فقير Poor prediction للأقلمة الواسعة. إلا أن هذا الموديل قد ساعد على الانتخاب للأقلمة على أساس تركيب وراثى معين لبيئة معينة Specific genotype - to - specific environment **(Chapman *et al.*, 2002)**.

وقد ساعد إستخدام موديلات المحاكاة وتطبيق نموذج المحصول المحسن والاستعانة بالمعلمات الجزيئية فى الإنتخاب لتحسين تحمل الجفاف فى دوار الشمس، ففى أستراليا قام **Lambrides ومساعدوه (2002)** بتنفيذ تجارب فى مواقع متعددة والاستعانة ببيانات 100 سنة من الطقس سجلت لـ 6 طرز رئيسية من أنظمة إجهاد الجفاف (بدءاً من الإجهاد المتوسط وحتى الإجهاد الشديد عند مرحلة التزهير) فى مناطق إنتاج دوار الشمس من شمالى ويلز Wales الجنوبية الجديدة إلى وسط Queensland باستراليا. وقد أضهرت النتائج أن زيادة كفاءة النتح بـ 10٪ Transpiration efficiency (TE) (أى انتاج المادة الجافة/ وحدة ماء نتح)، أدى إلى تحسين فى المحصول بنسبة 10- 15٪

وبناءاً على ذلك، قام الباحثون بتصميم برامج إنتخاب لتحسين كفاءة النتح والتى قيست بالصفات البديلة نظير الكربون (Δ, delta). وأجروا التهجين بين السلالة HAR 4 (العالية فى قيم TE، المنخفضة فى Δ) مع السلالة SA 52 (المنخفضة فى قيم TE، العالية فى Δ)، والانتخاب فى الأجيال الانعزالية للمنتخبات المنخفضة والمرتفعة فى قيم (Δ) وتهجينها مع واحد أو أثنين من الأمهات عقيمة الذكر وراثياً. وتقييم الهجن فى تجارب تحت ظروف بيئية متعددة على مدى موسمين. حيث لوحظ تفوق هجن المستودع المنخفض فى قيم Δ (المرتفع فى كفاءة النتح) على المستودع المرتفع فى قيم Δ (المنخفض فى كفاءة النتح) بـ 35 ٪ فى إثنين من بيئات الجفاف فى Queensland و بـ 11 ٪ فى موقع بيئى واحد جاف. فى حين لم يلاحظ فرق جوهرى فى محصول المستودعين فى الموقعين عند تيسر الامداد المائى. هذا وقد ساعدت المعلمات الجزيئية باستخدام تقنية الـ RFLP فى تحديد ثلاث مقاطع طولية محددة مستقلة متعددة المظاهر فى عشيرة الهجين HAR4 × SA52، مثلت حوالى 35٪ من التباين فى قيم Δ. وخلصت النتائج إلى أنه يمكن تحسين تحمل الجفاف بتهجين المواد الوراثية العالية فى كفاءة النتح مع الأصناف التجارية.

الباب السابع
بعض الإتجاهات المتبعة لتحسين تحمل المحاصيل للجفاف

الباب السابع

بعض الإتجاهات المتبعة لتحسين تحمل المحاصيل للجفاف

Some approaches for improving drought tolerance in crops

يقوم المتخصصين فى مجال علوم المحاصيل باتباع بعض المعاملات بهدف تحسين قدرة الأصناف على تحمل ظروف الجفاف يمكن التعرض إليها على النحو التالى:

أولاً: استخدام التجفيف الكيماوي في الكشف عن قدرة الأصناف علي ملئ الحبوب تحت ظروف الجفاف:

Using chemical desiccation for improving grain filling under moisture stress conditions

يعتبر حدوث الجفاف فى مرحلة ما بعد التزهير Post - anthesis drought stress من المشاكل الشائعة فى إنتاج محاصيل الحبوب فى كثير من مناطق العالم. فمن المعروف فى محصول مثل القمح، أن نواتج التمثيل التى سبق تجهيزها بالتمثيل الضوئى بعد الإخصاب Post anthesis assimilates تسهم بحوالى 80 - 90٪ من الكربوهيدرات اللازمة لنمو وتطور الحبة، فى حين تسهم المواد الممثلة قبل الإخصاب - Pre - anthesis assimilates بحوالى 10 - 20٪ فقط **(Spiertz and Vos, 1985)**.

ففى مرحلة ما قبل الإخصاب، يحدث تراكم للكربوهيدرات غير التركيبية Nonstructural carbohydrates فى سيقان أصناف محاصيل القمح والشعير والذرة الرفيعة وغيرها من محاصيل الحبوب، كما سجل ذلك فى محصول دوار الشمس، ثم تغيب تدريجياً وإلى حد كبير مع النضج. وبالرغم من أن بعضاً من هذه الكربوهيدرات تفقد فى التنفس، فإن كميات معنوية يعاد توزيعها لنمو وتطور الحبوب

وتعتبر المواد الغذائية الممثلة والتى تخزن فى الساق قبل الإخصاب من مصادر الكربون الهامة فى فترة إمتلاء الحبوب، حينما يحدث تثبيط للتمثيل الضوئى وتوقف نواتج التمثيل الجارية بتعرض النباتات لعوامل الإجهاد البيئى غير الحيوى كالجفاف

والحرارة العالية أو حتى بالتعرض لعوامل الإجهاد الحيوى المتمثلة فى الاصابات المرضية والحشرية .

وعموماً، تتباين الأصناف فى كمية الاحتياطى المخزن فى الساق وفى قدرتها على الاستفادة منه حال تعرضها لظروف إجهاد الجفاف المتأخر. فقد بلغت مساهمة نواتج التمثيل التى سبق تجهيزها وتخزينها فى الساق قبل الإخصاب فى تطور الحبوب من 27 - 50٪ فى الشعير (**Bidinger *et al.*, 1977 and Austin *et al.*, 1980**)، ومن صفر – 100٪ فى القمح (**Kobata *et al.*, 1992**) تحت ظروف الجفاف. ووصلت المساهمة المطلقة لنواتج التمثيل قبل الإخصاب من الكربون والنيتروچين إلى 64٪ و 81٪ من المحتوى الكلى للحبة من العنصرين، على الترتيب. فى حين أُعزى 21٪ من كربون الحبة إلى نواتج التمثيل بعد الإخصاب و 24 - 36٪ إلى نواتج التمثيل قبل الإخصاب.

ويعد إستخدام النظائر الثابتة ^{13}C و ^{15}N من الوسائل الدقيقة لتحليل المخزون المتحرك وكشف هذا الانتقال بين أجزاء النبات والاستدلال على حركة الكربون والنيتروچين فى فترة ما بعد الإخصاب تحت ظروف الإجهاد الرطوبى (**Palta *et al.*, 1994**).

وتحت الظروف الملائمة (الجيدة) Favorable، تتباين مساهمة هذه المواد الممثلة فى إمتلاء الحبوب، حيث تكون فى الغالب منخفضة جداً. إلا أنه يمكن تحريك الاحتياطى المخزن فى الساق والسابق تجهيزه فى مرحلة ما قبل الإخصاب لتحسين إمتلاء الحبوب فى مرحلة ما بعد الإخصاب تحت الظروف الأقل ملاءمة Less favorable عن طريق التجفيف الكيماوى.

فلم يكن يتوقع **Clarke** ومساعدوه (**1984**) العلاقة البسيطة بين مخزون ساق نبات القمح من المواد الغذائية وبين المقاومة الصنفية للجفاف فى تأثيرها على محصول الحبوب والتى ظهرت بواسطة دليل الحساسية للجفاف. وأوضحوا أن أثر مخزون الساق على إمتلاء الحبوب يجب أن يقيم منفرداً تحت ظروف الإجهاد بتعريض العشائر النباتية لظروف الإجهاد فى الحقل وإنتخاب التراكيب الأفضل إستفادة من مخزون الساق فى إمتلاء الحبوب فقد أقترح **Blum** ومساعدوه (**1983 a & b**) إستخدام التجفيف الكيماوى

برش المسطح الأخضر والعرش النباتي بما فيه السنابل، بكلورات الصوديوم أو كلورات الماغنسيوم [2٪ وزن/ حجم] بعد 10 - 15 يوم من الإخصاب عند بدء مرحلة إمتلاء الحبوب، لتثبيط عملية التمثيل الضوئي في النبات والكشف عن قدرة الأصناف على ملئ الحبوب بتحريك الاحتياطي المخزن في الساق Stem reserve mobilization ومقارنة وزن الحبوب عند النضج بين النباتات المعاملة وغير المعاملة (الكنترول)، وحساب معدل النقص في الوزن والذى تراوح في بعض التقديرات من 5٪ في التراكيب الوراثية المتحملة إلى 50٪ في التراكيب الوراثية الحساسة.

وقد سجلت نتائج الدراسات إرتباط موجب وعالى المعنوية بين معدل النقص في وزن الحبوب الناتج عن التجفيف الكيماوى ومعدل النقص في وزن الحبوب الناتج عن معاملة الجفاف بين التراكيب الوراثية المختلفة، بلغت قيمت 0.81** و 0.79** **(Blum *et al.*, 1983 b)** و 0.48** و 0.81** **(Nicolas and Turner, 1993)** لموسمي التجريب، على الترتيب. وحصل **مرسي (2003)** على نتائج مماثلة، حيث سجل إرتباط موجب ومعنوى بين محصول حبوب الفدان والنسبة المئوية للنقص في المحصول تحت ظروف التجفيف الكيماوى باستخدام كلورات الصوديوم وكلورات الماغنسيوم مع محصول حبوب الفدان والنسبة المئوية للنقص في المحصول الناتج عن الإجهاد الرطوبي خلال مرحلة النمو الخضرى وإمتلاء الحبوب لمواسم الزراعة الثلاث (جدول 1 - 16). وتشير هذه النتائج إلى أهمية إستخدام معاملات التجفيف الكيماوى كتكنيك سريع في غربلة التراكيب الوراثية لتحمل ظروف إجهاد الجفاف خاصة عند التعامل مع عدد كبير من الأجيال الانعزالية

جدول (1 - 16): معامل الارتباط بين معاملات التجفيف الكيماوي ومعاملات الجفاف لمحصول الحبوب والنقص في المحصول

مراحل النمو	المعاملات	موسم 1999/1998 Mag. Chlo.	موسم 1999/1998 Sod. Chlo	موسم 1999/ 2000 Mag. Chlo.	موسم 1999/ 2000 Sod. Chlo	موسم 2000/ 2001 Mag. Chlo.	موسم 2000/ 2001 Sod. Chlo
Vegetative (V)	GY	0.572*	0.473*	0.507*	0.593**	0.470**	0.598**
	RY	0.708**	0.764**	0.505*	0.514*	0.700**	0.789**
Flowering (F)	GY	-0.012	0.151	0.554*	0.368	0.842**	0.201
	RY	0.354	0.684**	0.178	0.457*	0.805**	0.497*
Grain filling (GF)	GY	0.055	0.599**	0.755**	0.675**	0.859**	0.739**
	RY	0.205	0.327	0.493*	0.590*	0.889**	0.854**

V : منع ريتين عند مرحلة النمو الخضرى. GY: محصول الحبوب.

F : منع ريتين عند مرحلة التزهير. RY: النقص فى المحصول.

GF: منع ريتين عند مرحلة إمتلاء الحبوب.

(عن: Moursi, 2003).

ويمكن الاستفادة من التجفيف الكيماوى فى برامج التربية بطريقتين:

أولاً: دراسة إستجابة النباتات الفردية أو العائلات أو سلالات التربية لمعاملات التجفيف الكيماوى ومقارنتها بالتراكيب غير المعاملة فى الكنترول تحت ظروف عدم الإجهاد. ويتطلب ذلك تنفيذ التجارب فى قطع تجريبية تحت ظروف محكمة.

ثانياً: إستخدام التجفيف الكيماوى فى برامج التهجين والانتخاب ويتم ذلك بتحديد التراكيب الوراثية التى تمتلك القدرة على ملئ الحبوب خلال الأجيال الانعزالية عقب التهجين تحت تأثير التجفيف الكيماوى. ومن ثم إمكانية عزل سلالات أقدر على الاستفادة من مخزون الساق، تكون أكثر تحملاً للجفاف عند زراعتها تحت ظروف نقص الماء. فقد مارس **Blum** **ومساعدوه (1991)** عملية الانتخاب الإجمالى على مدى ثلاث

دورات فى ستة عشائر من القمح الربيعى خلال الأجيال الثانى والثالث والرابع تحت ظروف التجفيف الكيماوى بالرش بكلورات الماغنسيوم 4٪ عند 15 يوم من الإخصاب وأمكنه عزل سلالات متميزة فى وزن الحبوب.

كما أمكن توظيف هذه الطريقة فى تقييم تحمل أربعة عشائر من هجن القمح الشتوى تحت تأثير المعاملة بكلورات الصوديوم (2٪ وزن/ حجم) عند 10 أيام من الإخصاب. حيث كانت السلالات الناتجة المتحملة للتجفيف الكيماوى المتميزة فى وزن الحبوب أكثر قدرة على تحمل ظروف الإجهاد الرطوبى (Haly and Quick, 1993).

ثانياً: إستخدام الجلايسين بيتاين لتحسين تحمل المحاصيل للجفاف:

Using glycine betaine for improving drought tolerance in crops

يحدث تراكم للجلايسين بيتاين (N, N, and N_ trimethylglycine) بصورة طبيعية فى عديد من العائلات النباتية تحت ظروف الإجهاد. ويعمل كمادة إسموزية على المحافظة على الإتزان المائى بين خلايا النبات والبيئة وثبات الجزيئات الكبيرة وحماية الأغشية الخلوية والبروتينات حال تعرض النبات لظروف الجفاف. ويؤيد ذلك الدور الحيوى للجلايسين بيتاين فى أقلمة الأصناف لظروف الإجهاد.

وقد لوحظ أن معاملة النباتات بالجلايسين بيتاين رشاً فى صورة محلول مائى يؤدى إلى تجنب تثبيط التنفس الضوئى والمحافظة على النشاط التمثيلى ومستويات المحصول تحت ظروف الإجهاد الرطوبى. فقد لاحظ Agbona وآخرون (1998) أن إضافة الجلايسين بيتاين أدى إلى زيادة نشاط التمثيل الضوئى وتأخير الشيخوخة وزيادة مساحه الأوراق وتثبيت النيتروجين ومحصول الحبوب فى أصناف القمح والذرة الشامية والذرة الرفيعة المعرضة للإجهاد الرطوبى.

كما أظهرت دراسة بيومي وعبد الله قطب (2006) أن رش أصناف القمح المعرضة لظروف الإجهاد الرطوبى بالجلايسين بيتاين بتركيز 10 مللى مول قد حسن معنويا محتوى الكلوروفيل ومحتوى الماء النسبى بالأوراق ووزن الألف حبة ومحصول الحبوب بحوالى 66.50، 20.9 ، 21.1 ، 22.5، على الترتيب

ثالثاً: دور التسميد وبعض المعاملات الزراعية في تحسين تحمل المحاصيل للجفاف:
Role of fertilization and other agronomic practices for improving drought tolerance in crops

يفيد إتباع المعاملات الزراعية وبرامج التسميد المناسبة فى تحسين نمو النباتات، بشرط توفر إمداد مائى مناسب لتحقيق الاستفادة المطلوبة من المغذيات المضافة. على أنه يجب أن يؤخذ فى الاعتبار عدم الإسراف فى الاستخدام، والذى يؤدى إلى عدم التوازن بين النمو الخضرى والنمو الثمرى. حيث تتعرض النباتات المجهدة مائياً إلى تجزئ جزء كبير من المواد الممثلة كطاقة مهدرة فى إمتصاص المغذيات من التربة وذلك على حساب تخزينها فى صورة محصول إقتصادى.

وفى هذا المجال، تلعب الكثافة النباتية دوراً هاماً. ففى محصول القمح يكون الاعتماد على الساق الرئيسى وسنبلته ركيزة أساسية للمحصول تحت ظروف الجفاف، وتجنيباً لإنتاج الفروع الجانبية Tillers والتى غالباً ما تفشل فى حمل سنابل لعدم كفاية المواد الممثلة فى سد إحتياجات مثل هذه الفروع تحت ظروف الجفاف. لذا تمثل صفة العدد المنتج من الفروع أهمية كبيرة فى كمية المحصول تحت ظروف الإجهاد الرطوبى. لذلك يوصى عند زراعة القمح فى الأراضى الرملية التى تعانى ظروف الإجهاد بمعدل تقاوى يزيد عن 90 كجم/ فدان، حيث يزداد محصول حبوب الفدان نتيجة الزيادة الكبيرة فى عدد السنابل فى وحدة المساحة مع إضافة 20م^3 سماد بلدى و 120 وحدة آزوت على دفعات **(El - Banna, 2004 and Anonymous, 2006)**.

وقد أعزى **Brown (1972)** زيادة محصول حبوب القمح مع إضافات الآزوت إلى زيادة خصوبة السنيبلات ومن ثم عدد الحبوب، وزيادة كفاءة إستخلاص الماء من قطاع التربة حتى عمق 91 سم. وكان إضافة 15 كجم فو$_2$ أ$_5$ كافياً لزيادة محصول الحبوب وكفاءة إستخدام الماء، وتحسن المحصول البيولوجى حتى 30 كجم فو$_2$ أ$_5$ / فدان تحت ظروف مختلفة لكمية وتوزيع الأمطار بالساحل الشمالى **(Hegazi and Hassan, 1998)**. وقد أُرجع ذلك إلى التأثير المفيد للفوسفور فى تحسين المقاومة للجفاف من

خلال زيادة معدل تضاعف وإنتشار المجموع الجذرى، ومن ثم زيادة كفاءة إمتصاص العناصر الغذائية ولعل أهمها النيتروچين.

كذلك تبدو صفة الأوراق شبه القائمة وحمل كوز أو أكثر على النبات ذات أهمية فى تحسين مستويات محصول الذرة الشامية تحت ظروف الشد الرطوبى. وعلى ذلك فإن توفر هذه الصفات فى السلالات الابوية الداخلة فى تركيب الهجن يكون مفيداً فى تحقيق الهدف المطلوب. فزراعة هجن الذرة الشامية، لاسيما الهجن الثلاثية وإتباع برامج تسميد مناسبة تحت ظروف الأراضى الجديدة يحقق مستويات محصول مرضية. وتؤدى إضافة 130 وحدة آزوت للفدان على 8 أو 10 دفعات والرى كل (1 - 3 أيام) فى حالة الرى بالتنقيط أو الرى المحورى أو كل 7 - 12يوم فى حالة الرى بالغمر إلى زيادة معنوية فى كمية محصول الحبوب **(Anonymous, 2005)**.

كما يلعب البوتاسيوم دوراً هاماً فى ضبط العلاقات المائية وانتقال العناصر الغذائية ونواتج التمثيل إلى الحبوب. حيث أدت إضافته بمعدل 37 كجم/ فدان إلى تحسين كفاءة نباتات الذرة لتحمل الجفاف عند المراحل الحرجة من النمو بتحسين المحصول من خلال زيادة عدد حبوب الكوز ووزن الحبوب ومحتوى الماء النسبى والكلوروفيل **(More and Lad, 2003)**.

كما حقق زراعة أصناف الفول البلدى الأكثر تحملاً للاجهاد مثل جيزة بلانكا وجيزة 40 ونوبارية 1 بالكثافة المناسبة (22 نبات/ م^2) نتائج مرضية. ويفيد إعطاء جرعة منشطة من الآزوت لا تزيد عن 20 وحدة ومعاملة البذور بالعقدين فى تحسين حالة النبات. ويعتبر التسميد الفوسفاتى والبوتاسى من العوامل المحددة لإنتاجية البقوليات تحت ظروف الشد الرطوبى. فيشجع الفوسفور تطور المجموع الجذرى ويحسن الاستفادة من المغذيات الأخرى كما يساعد البوتاسيوم فى تحمل النباتات للجفاف بالإضافة إلى دوره فى ضبط تجزئ وتوزيع المادة الجافة بين المجموع الخضرى والمجموع الجذرى وما يحمله من عقد بكتيرية ومن ثم زيادة كفاءة تثبيت الآزوت الجوى **(Mokhttar, 2003)**

رابعاً: التقسية لتحمل الجفاف Drought hardening

يقصد بالتقسية تحسين قدرة التركيب الوراثى على تحمل الجفاف من خلال بعض المعاملات على البذور والبادرات. ويوجد نوعين من المعاملات أحدهما قبل الزراعة والأخرى بعد الزراعة.

1- المعاملة قبل الزراعة:

تعامل البذور بنقعها فى الماء لمدة 24 ساعة ثم تجفف شمسياً وتزرع فى الحقل.. وتتميز النباتات الناتجة بالمقاومة للجفاف حيث يرتفع محصولها تحت ظروف الجفاف ويزداد محتواها من الماء المرتبط وتزداد لزوجة السيتوبلازم ومعدل الأيض وقوة المجموع الجذرى.

وأدت معاملة البذور بهذه الطريقة فى عباد الشمس إلى زيادة ثبات أيض النتروچين والفوسفور بجانب إرتفاع المحصول تحت ظروف الجفاف بالمقارنة بالبذور غير المعاملة.

وفى الشعير، أدت هذه المعاملة إلى تحسين تحمل الجفاف فى بعض التراكيب الوراثية بينما لم يكن لها تأثير على البعض الآخر، مما يدل على أن مقاومة الجفاف بالتقسية تعتمد على التركيب الوراثى (عن: Singh, 2001).

2- المعاملة بعد الزراعة:

يؤدى تعريض البادرات الصغيرة أو النباتات فى مراحل النمو المبكرة للإجهاد المائى إلى زيادة المقاومة للجفاف. حيث يساعد إخضاع التراكيب الوراثية لدورات من الإجهاد الرطوبى فى تحديد السلالات الأكثر مقاومة عن السلالات الأكثر حساسية من خلال قدرتها على الحياة Survival . وقد أظهرت هذه المعاملة تأثيراً واضحاً فى تحسين تحمل الجفاف فى القمح والشوفان.هذا وتختلف أصناف المحاصيل فى إستجابتها للتقسية.

الباب الثامن

تقييم التراكيب الوراثية لتحمل الجفاف

الباب الثامن

تقييم التراكيب الوراثية لتحمل الجفاف

Evaluation of genotypes to drought tolerance

يعتمد تقنين تحمل الجفاف على ضرورة إختبار نواتج برامج التربية من السلالات المبشرة والأصناف قبل توزيعها على المزارعين. وتتكامل الدراسة الحقيقية لتحمل المحاصيل للجفاف مع تظافر جهود المهتمين بعلوم المحاصيل والأراضى وفسيولوچيا النبات بهدف دراسة حالة النبات حال تعرضه لظروف الشد الرطوبى. ويتطلب ذلك ضرورة أن تكون طرق التقييم لأى صفة سهلة وسريعة، بحيث يمكن إنجازها فى أقصـ وقت ممكن وبأقل تكلفة، وأن تكون من الدقة بحيث يمكن تحديد الصفات المرتبطة بتحمل الجفاف والوصول إلى أصناف قريبة من الطراز المثالى Ideal type قدر الإمكان.

وفى هذا الصدد، تفيد الاختبارات المعملية والزراعة فى البيئات المائية أو غرف النمو أو الفيتوترونات ومزارع الأنسجة فى دراسة الأسس الكيموحيوية والفسيولوچية المرتبطة بتحمل الجفاف وعزل سلالات خلايا قادرة على تحمل الظروف القاسية. كما تفيد تجارب الأصص تحت ظروف البيوت المحمية فى دراسات تحمل الجفاف. هذا وتعتبر التجارب الحقلية من الأساليب الهامة والعملية فى تقييم سلالات ونواتج برنامج التربية تحت ظروف البيئة الهدف.

أولاً: التقييم المعملي Laboratory evaluation

تسمح هذه الطرق بتقييم الصفات المرتبطة بالأساس الكيموحيوى أو الفسيولوچى وتحديد التراكيب الوراثية الأقدر على تحمل ظروف الشد الرطوبى. ويتم ذلك على النحو التالى:

أ - تعريض السلالات لظروف إجهاد رطوبي في مرحلة الانبات ونمو البادرات:

يمكن تقييم تحمل الجفاف بتعريض التراكيب الوراثية فى المراحل الأولى من الانبات وتطور البادرات إلى ظروف إجهاد رطوبى. واستخدام بعض مؤشرات النمو

كسرعة الانبات ونمو البادرات وطول الجذير والريشة ووزن الجذور ووزن الأجزاء الخضرية وبعض التقديرات الكيموحيوية والفسيولوجية للاستدلال على تحمل الجفاف.

فقد أمكن تعيين الفروق الصنفية بين جيرمبلازم المحاصيل فى تحمل الجفاف، فعند تعريض صنفان من القمح أحدهما مقاوم والآخر حساس للجفاف تحت معاملات رى كل يوم – وكل أسبوع. لوحظ تفوق السنف المقاوم للجفاف فى صفات المقاومة الثغرية والجهد المائى للورقة مقارنة بالصنف الحساس تحت ظروف الإجهاد **(Adjei and Kirkham, 1978)**

وقد أمكن معملياً تقييم مدى تحمل بادرات عديد من التراكيب الوراثية للذرة الشامية للجفاف، بمنع الرى لمده 14 يوم عند الذبول الدائم أو بالتعريض لدرجات حرارة مرتفعة 52°م لمدة ٦ ساعات. حيث أرتبطت التقديرات المتحصل عليها معملياً مع المشاهدات الحقلية تحت ظروف الجفاف **(Clarke and Townley - Smith, 1984)**

كما أفادت فى تقييم الفروق بين سلالتين من الذرة الشامية على أساس محتوى حمض الابسيسيك إحداهما متحملة (Ib_3) والأخرى حساسة للجفاف (Ib_6) بالتعريض لإجهاد مائى شديد على فترات صفر، 4، 8، 20 ساعة على 29°م، حيث حدث حث لتكوين حمض الابسيسيك بعد ٥ ساعات، وإزداد تراكمه ليصل إلى (165 ميكروجرام/ جم وزن غض) فى السلالة المتحملة Ib_3، فى حين وصل مستواه إلى 44 ميكروجرام فقط فى السلالة الحساسة Ib_6. وبعد 20 ساعة، تراجع معدل تراكم حمض الابسيسيك إلى 50 ميكروجرام فى السلالة المتحملة وإلى 26 ميكروجرام فى السلالة الحساسة وتدل هذه النتيجة على إمكانية التمييز بين السلالات المتحملة والحساسة من خلال تقدير حمض الابسيسيك كأحد المؤشرات الكيموحيوية المرتبطة بتحمل الجفاف **(Rao and Singh, 2003)**.

ب- المعاملة بالمواد المحدثة للاسموزية **Osmoticums**

يمكن إجراء إختبارات تحمل الجفاف فى مرحلة الانبات ونمو البادرات بسهولة بسمية المواد الوراثية فى بيئات ذات ضغط إسموزى معين، تحتوى على أحد المواد المحدثة

للاسموزية مثل البولى إيثيلين چليكول PEG أو المانيتول D - mannitol أو Carbowax، وهي مواد تزيد من الضغط الاسموزى لبيئة الزراعة ولا يمكنها المرور خلال الجدر الخلوية إلى داخل الخلايا، فيحدث فرق فى الضغط الاسموزى بين البيئة المغذية والخلايا النامية فيها، مما يؤدى إلى جفاف الخلايا وانهيار جدرها الخلوية Cytorrhysis. حيث تتعامل الخلايا مع الإجهاد الذى تحدثه المواد المزيدة للجهد الاسموزى بحسب تركيبها الوراثى وقدرتها على تحمل الجفاف. وهنا يكمن الأساس فى التفريق بين الأصناف ومدى تحملها للجفاف.

وعموماً تتباين أصناف المحاصيل فى نسبة الانبات ومعدل نمو البادرات عند إخضاعها لظروف إجهاد صناعى أو عند زراعتها تحت الظروف الجافة.

وقد تمكن **Sapra** **وساعدوه** **(1991)** من توظيف هذه التقنية فى تقييم بعض أصناف القمح والتريتكال بإخضاع البذور المستنبتة والبادرات لإجهاد أسموى - 3 و - 6 بار فى بيئات مغذية تحتوى على البولى إيثيلين چليكلول وزنه الجزيئى 8000، فكان دليل إجهاد الانبات The germination stress index أقل للبذور المعرضة إلى - 6 بار مقارنة بالمعاملة - 3 بار.

كما أفاد إستخدام المواد المحدثة للإسموزية فى تقييم بادرات الشعير لتحمل الإجهاد بتعريضها للبولى إيثيلين چليكول 6000 تحت إجهاد مائى - 0.4 MPa (**Lemcoff** ***et al.*****, 2003**). وفى تقييم 6 أصناف من الذرة الرفيعة فى مرحلة البادرة بتعريضها لنفس التركيز (PEG - 6000)، والذى صاحبه تراكم معنوى للبرولين ونقص محتوى البروتين فى الأصناف المتحملة للإجهاد (**Deshmukh** ***et al.*****, 2003 a**)، وفى إتمام الإخصاب الاختيارى بحبوب لقاح أقدر على تحمل الإجهاد لمياسم الذرة الرفيعة التى عوملت والاقلام بالبولى إيثيلين چليكول قبل ساعة من التلقيح، وإنتاج هجن أعطت نسل متميز فى قوة النمو وتحمل الجفاف (**Ravikumar** ***et al.*****, 2003**). وكذا فى تقييم إستجابات الجفاف لبادرات سلالات وهجن الذرة الشامية فى مرحلة الانبات (**Bhat** ***et al.*****, 2003**)

كما تستخدم مادة الـ د. مانيتول فى هذا الغرض وقد جربت منه عدة تركيزات متدرجة 2.5، 5 و 7.5 و 10٪ على صنفين من الأرز IR 8 المقاوم للجفاف و Ratna

الحساس، بهدف اختيار أنسب تركيز يعطي أفضل إستجابة في معدلات الانبات ونمو البادرات. وبناءً على النتائج المبدئية تم اختيار التركيز 7.5٪ لدراسة إستجابة 100 صنف من الأرز لتحمل الجفاف. حيث أشارت النتائج أن الأصناف المنتجة لأقصى طول للجذر وأقصى طول للبادرة تحت ظروف الشد الرطوبي في المعمل، أنتجت أعلى محصول تحت الظروف الحقلية. إلا أن استخدام البولي إيثيلين جليكول 6000 أعطى أفضل النتائج كمحدث للاسموزية مقارنة بالمانيتول أو منع الماء في برامج غربلة سلالات الأرز لتحمل الإجهاد (Pandey and Agarwal, 2003).

هذا وقد توافقت الموشرات المعملية مع النتائج الحقلية في القمح عند إستخدام المانيتول بتركيز - 2.0 MPa. وإرتبط معدل نمو بادرات فول الصويا مع إستخدام البولي إيثيلين جليكول 6000 عند إجهاد - 6 بار لفترة 14 يوم من بداية ظهور أول عقدة، مع ظروف الإجهاد الحقلي في مختلف التراكيب الوراثية (Boustama *et al.*, 1983).

وعموماً تتعدد طرق التقييم المعملي لجيرمبلازم المحاصيل لتحمل ظروف الجفاف، ومن أمثلة هذه الطرق ما يلي :

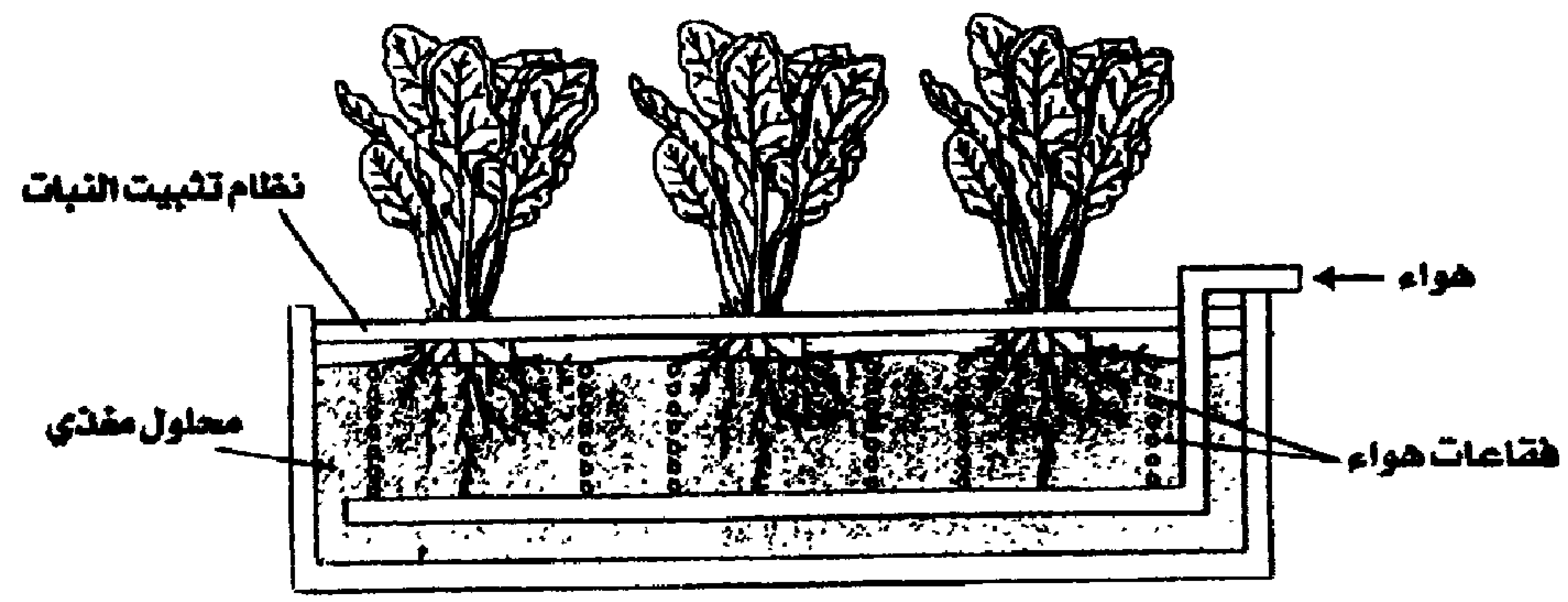
1- التقييم في البيئات المائية Hydroponic growth cultures

يعتبر تقييم تحمل التراكيب الوراثية للجفاف تحت ظروف البيئات المائية من الطرق التي تُمكن الباحث من الوصول إلى مستوى إجهاد واقعي وحقيقي وبصورة أدق مقارنةً ببعض الطرق الأخرى مثل إستخدام الأصص. وتتم بالزراعة في بيئات مائية، تحتوى على عناصر مغذية في أوعية مناسبة خزانات Tanks أو أنابيب ، مع إضافة بعض المواد المحدثة للاسموزية Osmotic agent إلى محلول التغذية (شكل 1 - 22).

وقد أفادت هذه الطريقة في تقييم بادرات عدد كبير من التراكيب الوراثية للذرة الرفيعة بزراعتها في أنابيب مقاس 10 × 100 سم باستخدام مادة Carbowax 600 كمحدث للإجهاد (Clarke and Townley - Smith, 1984).

كما تمكن **Blum** ومساعدوه **(1980)** من إستخدام تقنية المزارع المائية المحتوية على

محدث الاسموزية البولى إيثيلين جليكول فى تقييم بادرات سلالات القمح لتحمل الجفاف.



شكل (1 - 22) : يوضح أحد أنظمة الزراعة في البيئات المائية

وعموماً تحت هذه الظروف، يجرى تقدير بعض المؤشرات المتعلقة بتحمل الجفاف مثل طول البادرة والوزن الجاف وقياسات المجموع الجذرى والصفات الكيموحيوية والفسيولوجية. هذا وقد أظهرت بعض الدراسات توافق النتائج المتحصل عليها معملياً مع بعض المشاهدات الحقلية فى تقييم التراكيب الوراثية لظروف الشد الرطوبى.

2- التقييم في غرف النمو Growth chambers

تفيد غرف النمو فى تقييم چيرمبلازم المحاصيل لإجهاد الجفاف، حيث يمكن السيطرة التامة على العوامل البيئية.. سواء درجات حرارة النهار/ ليل وفترة الاضاءة والإظلام وشدة الإضاءة ونسبة الرطوبة وضبط معاملات الجفاف. وفى القمح، ساعدت غرف النمو فى دراسة العلاقات المائية وتحديد الفروق بين أربعة أصناف من القمح فى محتوى الأوراق من الماء، حيث ظهر تفوق الصنف Pelissier فى محتوى الماء عن بقية الأصناف، إلا أنه عند مقارنة النتائج المتحصل عليها تحت ظروف غرف النمو بنتائج

التقييم الحقلى، لوحظ تباين فى سلوك الأصناف بين الطريقتين (جدول 1 17) (Dedio, 1975).

جدول (1 - 17): محتوى الماء لورقة العلم المقطوعة excised في أربعة أصناف من القمح في بداية التجربة وبعد 24 ساعة تحت ظروف غرف النمو والحقل

الصنف	محتوى الماء (٪)			
	غرف النمو		الحقل	
	0 hr	34 hr	0 hr	24 hr
Pitic 62	64	38	65	5
Canuck	53	7	69	11
Hercules	63	25	69	5
Pelissier	70	38	71	17

(عن: Dedio, 1975)

وقد أمكن توظيف غرف النمو فى تحديد الفروق فى مقاومة الجفاف بين 4 سلالات من فاصوليا التبارى زرعت فى أصص صغيرة وعرضت البادرات لدرجة حرارة 22°م لمدة 16 ساعة نهاراً و 15°م لمدة 8 ساعات ليلاً ورطوبة نسبية 60٪. وبعد 6 أيام من زراعة البذرة (تمام التكشف) تم رى جميع الأصص بمحلول هوجلاند المغذى. ثم منع الرى على مجموعة واحدة من النباتات ورى المجموعة الأخرى حسب الحاجة وتقدير قياسات الكلوروفيل ومعدل النتح والتوصيل الثغرى ومحتوى الماء النسبى ومؤشرات الجذور وربطها بتحمل الجفاف (Mohamed, 2003).

3- التقييم في الفيتروترونات Phytotrons

تعتمد هذه الطريقة على التحكم فى ظروف النمو مثل درجة الحرارة والرطوبة النسبية والإضاءة وكذلك ظروف التقييم، حيث يتم زراعة سلالات وأصناف المحاصيل المتباينة فى مقاومتها للجفاف وتعريضها لإجهاد مائى، ودراسة المقاييس المرتبطة بالمقاومة

وقد أفادت فى تقييم تحمل جيرمبلازم القمح للجفاف من خلال دراسة الصفات

الفسيولوجية المرتبطة مثل؛ محتوى الماء النسبي وفقد الماء النسبي ودليل الحساسية للجفاف والثبات المظهري (Sutka *et al.*, 1997).

كما أمكن توظيف الفيتوترونات في إظهار الفروق بين صنفي الأرز؛ N22 المتحمل للجفاف و Panidhan الحساس تحت معاملات منع الري، ورش البادرات بحمض الابسيسيك (10^{-4} M). وتم تقدير الصفات الكيموحيوية والجزيئية المرتبطة بتحمل الجفاف (Tyagi *et al.*, 2003).

4- التقييم باستخدام مزارع الأنسجة Tissue cultures

يمكن تقييم تحمل التراكيب الوراثية للشد الرطوبي على مستوى مزارع الأنسجة بتعريض الخلايا أو الأجنة أو الكالوس لتركيزات متدرجة من المواد المحدثة للاسموزية Osmoticums مثل البولي إيثيلين جليكول PEG، المانيتول و Carbowax والتي تزيد من الضغط الاسموزي لبيئة الزراعة، محدثةً فرق في الضغط الاسموزي بين البيئة المغذية والخلايا النامية، الأمر الذي يؤدي إلى جفاف الخلايا وإنهيار الجدر الخلوية.

ويحقق التقييم على مستوى مزارع الأنسجة ميزة تجنب كافة العوامل التي يصعب التحكم فيها تحت الظروف الحقلية التي تؤثر على إستجابة النبات للشد الرطوبي.

هذا وتعتبر التباينات الجسدية الناتجة في مزارع الخلايا وسيلة هامة في تحديد الأصناف الأقدر على تحمل الجفاف. حيث أفادت في إختبار ثماني عشائر من التباينات الجسدية للذرة الرفيعة والناتجة من النباتات الفردية في مزارع الخلايا في الجيل الثاني "SC2" تميز سبع منها بزيادة عدد الأشطاء، وثلاث بقصر الساق وستة بارتفاع الوزن الجاف وثلاث بمحصول حبوب أعلى من الأب ودرجة عالية من الثبات على مدى موسمين في الجيل الثاني والثالث (Smith and Bhaskaran, 1988).

ولما كان دراسة تحمل الجفاف على مستوى بيئات الزراعة In vitro conditions يرتبط بنشاط أنزيمات Acid phosphatase و Phytase، فقد لوحظ عند تنمية كالوس صنفي البرسيم الحجازى Hamedani و Yazdi على بيئة MS المحتوية على 0، 2، 4، 6، 8، 10٪ مانيتول، حدوث زيادة في نشاط إنزيم Acid phosphatase في كل من

الصنفين. وكان النشاط أعلى فى الصنف المتحمل Yazdi مقارنة بالصنف Hamedani **(Ehsanpour and Amini, 2003)**.

ولقد قام **النجاروآخرون (2004c)** بتوظيف مزارع الأنسجة فى دراسة إستجابة أصناف قمح الخبز المصرى سدس 1 وساحل 1 وسخا 8 وجميزة 5 وجيزة 164 وجيزة 168 وهجنها لزراعة الأجنة غير الناضجة تحت تركيزات من البولى إيثيلين جليكول صفر، 15 و 20٪ على بيئة MS مضاف إليها 1 مللجم/ لتر من D - 2.4. وأستخدمت قياسات الكالوس ومعدل نموه كمؤشرات لتحمل الإجهاد. حيث كان هجين القمح سدس 1 × جميزة 5 أكثر تحملاً للإجهاد المائى تحت ظروف بيئات النمو، يليه الصنف سدس 1 ثم الهجين سدس 1 × جيزة 164. وسجل الهجين سدس 1 × جميزة 5 أعلى قدرة على الاستيلاد (5 نباتات).

وعموماً تفيد هذه التقنية فى إمكانية إستحداث تراكيب وراثية من القمح تتحمل ظروف الجفاف.

ثانياً: التقييم في أصص تحت ظروف البيوت المحمية:

Evaluation in pots under greenhouse conditions

تسمح هذه الطريقة بالتحكم فى ظروف النمو... الحرارة والرطوبة والضوء وغيرها، إلى جانب إستمرار برنامج التربية فى غير المواسم الطبيعية لنمو النبات. حيث تستخدم البيوت المحمية وتجارب الأصص فى تطبيق معاملات الإجهاد الرطوبى على المواد الوراثية. وقد قام **El-Batal وآخرون (2002)** بمحطة التجارب الزراعية بالجيزة بتوظيف نظام البيوت المحمية فى تقييم إستجابة قمح الخبز لتحمل الجفاف بالزراعة فى أصص ملئت بتربة رملية – طميية، أحتوى كل أصيص على 6 نباتات ودراسة توزيع كميات مختلفة من مياه الرى على نمو وإنتاجية محصول القمح خلال أطوار النمو المختلفة. وأضيف لكل أصيص $3^1/_2$ لتر ماء عند الزراعة، ونصف لتر فى مرحلة الانبات.

بعد ذلك طبقت 6 معاملات على النحو التالى:

1 – المقارنة، إضافة 43 لتر ماء (لتر واحد/ ريه)

2- إضافة 43 لتر ماء مع توزيع كمية الماء تبعاً لمرحلة النمو (بمعدل لتر واحد/ ٣ أيام).

3- إضافة 90٪ من كمية الماء فى كل رية من المعاملة 2.

4- إضافة 80٪ من كمية الماء فى كل رية من المعاملة 2.

5- إضافة 70٪ من كمية الماء فى كل رية من المعاملة 2.

6- إضافة 60٪ من كمية الماء فى كل رية من المعاملة 2.

وقد أشارت النتائج إلى تفوق المعاملة الثانية على جميع المعاملات فى الوزن الجاف ومعدل تراكم المادة الجافة وكفاءة إستخدام الماء ومحصول الحبوب والقش ومساهماته، كما أدت المعاملة إلى توفير 10٪ من كمية ماء الرى، فى حين أدى الإجهاد الرطوبى إلى نقص معنوى فى قيم جميع الصفات المدروسة.

كما أفادت البيوت المحمية فى دراسة الخصائص المرتبطة بتحمل الجفاف فى أرز المناطق المرتفعة المنزرع تحت الظروف المطرية بزراعة البذرة فى أصص ترابية Earthen pots فى مكررات. حيث أضيف الماء بمعدل 500 مللى/ أصيص عند الزراعة. وخلال فترة نمو المحصول، أضيف الماء كل يوم فى الشهر الأول، وكل يومين فى الشهر الثانى، وكل ثلاث أيام فى الشهر الثالث، حتى النضج. وأُعطى الكنترول كمية متساوية من الماء. وقام الباحثان بدراسة بعض المؤشرات الكيموحيوية وربطها بتحمل الجفاف **(Chutia and Borah, 2003)**.

ثالثاً: التقييم الحقلي **Field evaluation**

يعتبر تقييم التراكيب الوراثية لتحمل الجفاف تحت الظروف الحقلية من الاتجاهات المرغوبة فى تجارب الانتخاب، إلا أن العمل تحت ظروف المناطق الطبيعية والبيئات شبه الجافة يشوبه التباين فى النتائج نتيجة إختلاف معدلات سقوط الأمطار (من 200 - 500 م) فى السنين المختلفة. ففى مثل هذه البيئات، ينبغى إخضاع كل جيل من أجيال التربية لأنظمة مختلفة من الإجهاد. وفى حالة عدم توفر مياه رى، فإن مواد التربية فى ظل هذه الظروف تخضع لإجهاد رطوبى شديد Severe moisture stress. وإذا تحرك

مربى النبات بمواد التربية فى المواقع الأقل فى كمية الأمطار (< 100 م) فإنه يمكن تعديل ظروف الإجهاد المائى باعطاء ريات تكميلية. ويسمح هذا النظام بالانتقال بمواد التربية من جيل إلى آخر متقدم. هذا ومن الضرورى توفير معامل حقلية تسمح بتحكم مرغوب فى البيئات المدروسة.

وعندما تكون الظروف البيئية ملائمة تماماً أو جزئياً، يتم تقييم وإنتخاب مواد التربية تحت كلٍ من ظروف الإجهاد وعدم الإجهاد بتصميم تجارب فى مكررات مع إتباع أنظمة مختلفة لإسقاط ومنع الرى فى القطع التجريبية فى الموقع التجريبى، وإحاطة القطع التجريبية بحزام Belt بعرض 2 - 3 متر لضمان عدم تسرب الماء بين المعاملات موضع التجريب. وتتعدد الطرق والوسائل المتبعة فى هذا المجال ومنها :

الري التكميلي Supplemental irrigation

عندما يكون من الممكن زراعة محصول ما على مياه الأمطار الطبيعية وحدها، بينما يؤدى إضافة مقادير إضافية من مياه الرى إلى زيادة المحصول وتحسين الجودة يسمى الرى فى هذه الحالة رياً تكميلياً. وتجرى عملية الرى عندما يصل الشد الرطوبى للتر إلى 40 - 60 كيلو باسكال. ويعتبر الرى التكميلى من الممارسات الزراعية الأكثر تقدماً، ويمارس فى مناطق كثيرة من أمريكا وأوروبا ومصر. ولقد أوضح **عبد العظيم (1997)** أن قرار إستخدام الرى التكميلى يتوقف على تقدير الربحية الاقتصادية التى تنتج عن إستخدامه.

وتحت الظروف المصرية، أجريت عديد من الدراسات الحقلية بهدف تحقيق الإستفادة من مياه الأمطار من خلال تقييم سلالات وأصناف كثير من المحاصيل الحقلية لتحمل الجفاف عن طريق تقدير بعض المؤشرات الكيموحيوية والفسيولوجية والمحصول ومكوناته ودليل الحساسية للجفاف، والتى تفسر سلوك الأصناف وقدرتها على تحمل الجفاف.

ففي القمح، ونظراً لإتجاه زراعته تحت الظروف المطرية، التى قد لا تكفى فى تغطية الاحتياج الفعلى للمحصول من الماء ولتعظيم الاستفادة من كميات مياه الأمطار، يتم

إستكمال النقص باعطاء ريات تكميلية، وفى هذا المجال، قام **عبد الجواد وآخرون (1998 a)** بتنفيذ تجارب حقلية فى منطقة مريوط بالساحل الشمالى بمصر وتجريب بعض المعاملات على 6 أصناف من قمح الخبز هى سخا 8 وسخا 69 وجيزة 155 وشام 4 وشام 6 وجومام، وكانت المعاملات كما يلى :

1- الاعتماد على الأمطار فقط.

2- أعطاء رية عند التفريع.

3- أعطاء رية عند طرد السنابل.

4- أعطاء رية عند طور النضج اللبنى.

5- أعطاء ريتان (واحدة عند التفريع + واحدة عند طرد السنابل).

6- أعطاء ريتان (واحدة عند التفريع + واحدة عند النضج اللبنى).

7- أعطاء ريتان (واحدة عند طرد السنابل + واحدة عند النضج اللبنى).

8- أعطاء ثلاث ريات (واحدة عند التفريع + واحدة عند طرد السنابل + واحدة عند النضج اللبنى).

ومن الواضح أن هذه الريات أعطيت للقمح خلال المراحل الحرجة من حياة النبات للماء.

وقد أشارت النتائج إلى ما يلى :

1- أختلفت أصناف القمح معنوياً فى محصول الحبوب ومعظم مكوناته تحت الظروف المطرية. وأظهر الصنف شام 4 تفوقاً فى محصول حبوب الفدان، يليه الصنف جيزة 155 تحت ظروف الموسم الأول (370 ملم مطر) والموسم الثانى (170.2 ملم مطر)، على التوالى.

2- تحت ظروف الأمطار الشحيحة فى الموسم الثالث (96.4 ملم مطر)، تفوق الصنف شام 4 يليه الصنف جومام، مما يدل على تفوق الصنفين فى تحمل ظروف الإجهاد الرطوبى.

3- أفاد إضافة رية تكميلية عند مرحلة طرد السنابل فى حدوث زيادة معنوية فى محصول حبوب الفدان مقارنة بالإضافة سواء عند مرحلة التفريع أو النضج اللبنى. ويدل هذا على أن مرحلة طرد السنابل مرحلة حرجة جداً مقارنة بالمراحل الأخرى.

وفي الفول البلدي، أمكن تقييم وإنتخاب عشائر الجيل الرابع والخامس تحت ظروف بيئات مختلفة من الإجهاد الرطوبى بمحطة بحوث مريوط - بمحافظة الإسكندرية والإستفادة من كميات الأمطار الساقطة خلال موسمى النمو 2000 و 2001 والتى وصلت 110 و 211 ملم، على الترتيب.

حيث قام **Omar (2003)** بتجريب المعاملات الآتية :

1- الزراعه تحت ظروف الرى الدائم كل 30 يوم بالإضافة إلى كمية الأمطار خلال موسم النمو.

2- الزراعة تحت ظروف الأمطار مع إعطاء رية الزراعة فقط.

3- الزراعة الجافة إعتماداً على مياه الأمطار فقط.

وأشارت النتائج إلى ما يلى :

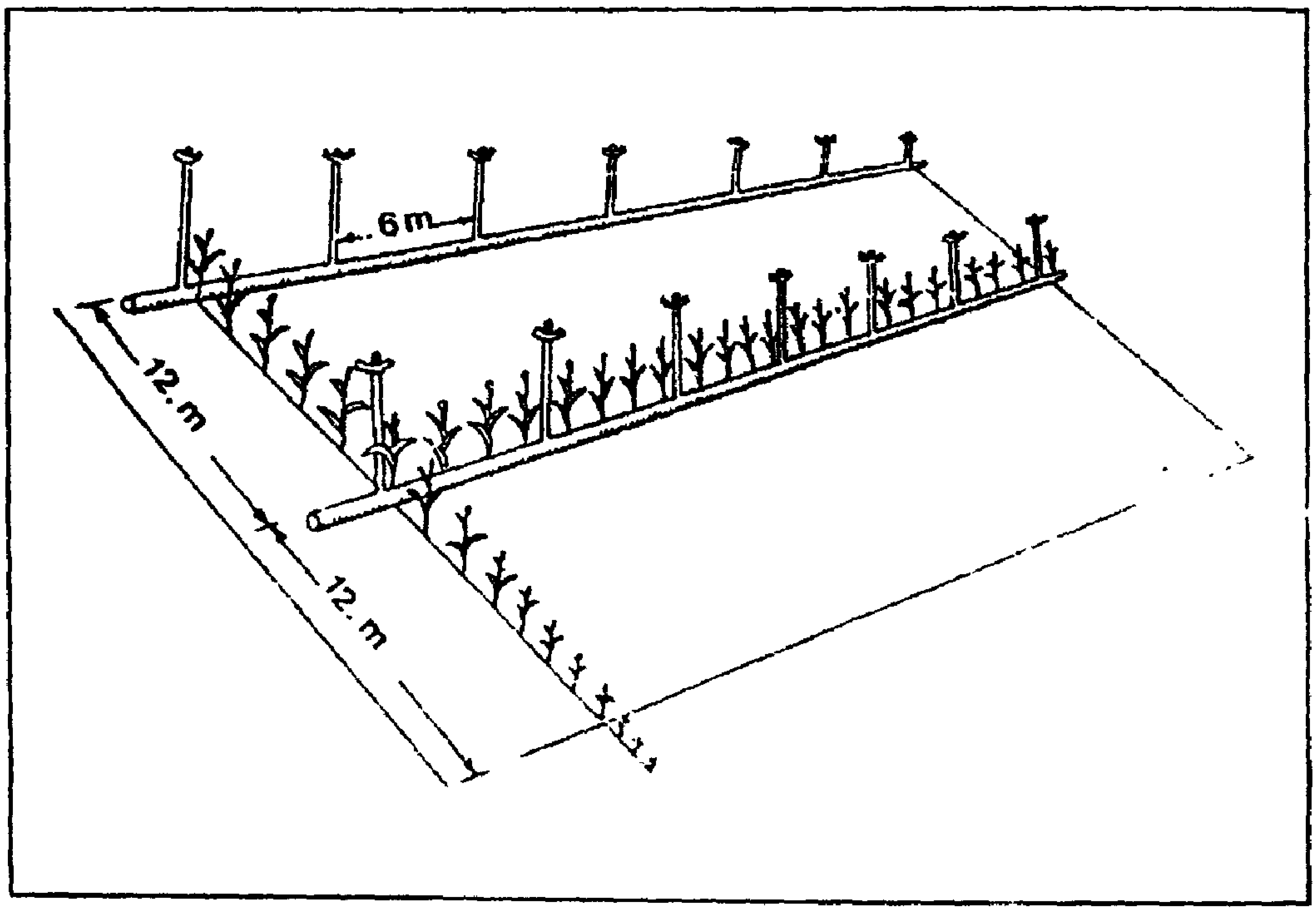
1- أختلفت التراكيب الوراثية معنوياً تحت ظروف النمو فى البيئات المختلفة، وأظهرت عشيرة الجيل الخامس للهجين جيزة 2 × 127 - M وجيزة 402 × 127 - M أعلى قيم لمتوسط المحصول تحت ظروف البيئات المختلفة.

2- أشارت تقديرات دليل الحساسية للجفاف (DSI) أن التراكيب الوراثية جيزة 402 وعشائر الجيل الخامس للهجين جيزة بلانكا × جيزة 2 وجيزة بلانكا × 102 - M وجيزة 2 × 102 - M كانت أكثر تحملاً للجفاف وتعتبر ذات قيمة فى برامج تربية الفول البلدى لتحسن الجفاف.

طريقة تدرج الإجهاد من المصدر **Line - sourse gradient**

أقترح **Hanks** ومساعدوه **(1976)** إستخدام طريقة التغير التدريجى من المصدر تحت نظام الرى بالرش حيث تررع التركيب الوراثية فى سطور متعامدة على خط مصدر الماء ويخضع كل تركيب وراثى إلى تدرج فى الإجهاد المائى والذى يزداد مع بعد الخط

ويمكن تكرار رراعة التراكيب الوراثية على جانب واحد من الخط، أو على الجوانب المقابلة من الخط ونسجل قراءات المحصول على كل تركيب وراثي على طول المسافة من المصدر كدالة Function للإجهاد المائي. وفي حالة تجميع خطين متجاوري المصدر (شكل 1 - 23) وزراعة المواد الوراثية بينهما، يتم الري بالخطين لتغطية الاحتياجات المائية بالكامل في المراحل المبكرة من النمو، في حين يتم تشغيل خط واحد فقط في المراحل المتأخرة من النمو. ويعتبر نظام المصدر ثنائي الخط مفيداً في التحكم والتعامل مع تدرج الإجهاد المائي عند المراحل المختلفة من النمو. وقد أجريت عديد من التعديلات على هذا النظام ليلائم الأغراض المختلفة من دراسات الإجهاد المائي.



شكل (1 - 23): الري بالرش بنظام الخط - المصدر Line - Source وتأثيره على تدرج نمو النبات، عند إستخدام خطين متجاورين للرش (عن: Hanks *et al.*, 1976)

طرق تقييم كفاءة أصناف المحاصيل في الاستفادة من الماء المتاح وتحمل ظروف الشد الرطوبي :

Methods of evaluating crop varieties for water use efficiency and moisture stress tolerance

يمكن تقييم كفاءة أصناف المحاصيل فى الاستفادة من الماء المتاح وتحمل ظروف الشد الرطوبى من خلال الطرق الآتية :

الطرق غير المباشرة :

أولاً: رفع مقدار الماء بالأرض إلى السعة الحقلية بعد إستنفاذ قدر معين من الماء الميسر:

وفى هذه الطريقة تحدد السعة الحقلية والكثافة الظاهرية للطبقات المتتالية لقطاع الأرض لحساب نقص رطوبة الأرض طبقاً للمعادلة الآتية :

مقدار نقص الرطوبة بقطاع الأرض (م) =

$$\frac{\text{نسبة السعة الحقلية} - \text{نسبة المحتوى الحقيقى للرطوبة}}{١٠٠} \times \text{الكثافة الظاهرية للأرض} \times \text{عمق قطاع الأرض (م)}$$

ويضاف الماء المستنفذ من الأرض بدقة لرفع مقدار ماء الأرض إلى السعة الحقلية عن طريق :

1- العدادات المائية.

2- الهدارات.

3- ضخ الماء بقدر معين من حجرات ممتلئة بالماء بالاستعانة بأنابيب بيانية

وفى هذا المجال قام **موسى وعبد المقصود (2004)** بدراسة تأثير ثلاث مستويات من الإجهاد الرطوبى عند إستنفاذ 40 45٪ و 60 - 65٪ و 80 - 85٪ من الماء الميسر على المحصول وكفاءة إستخدام الماء على سبعة أصناف من قمح الخبز هى سدس 1 وجميزة 7 وجميزة 9 وسخا 8 وسخا 93 وجيزة 168 وجيزة 170 وقد أشارت النتائج إلى ما يلى

1- أدى تعرض أصناف القمح للإجهاد المائى إلى نقص معنوى فى محصول الحبوب، وقد تحسنت كفاءة إستخدام الماء تحسناً معنوياً بالرى عند إستنفاذ أعلى رطوبة ميسرة (80 - 85٪) وسجل الصنف جميزة 7 أفضل القيم.

2- أظهر دليل الحساسية للجفاف، أن النقص فى محصول حبوب الأصناف كان أقل عند إستنفاذ 60 - 65٪ من الماء الميسر، وأظهر الصنف سخا 93 أعلى مقاومة للإجهاد الرطوبى يليه الصنف سدس 1. وتفيد هذه النتيجة فى إمكانية غربلة عدد كبير من السلالات ونواتج برنامج التربية لتحمل الإجهاد الرطوبى وإنتخاب أفضل السلالات تحملاً.

وتتميز هذه الطريقة بالبساطة ولكن يعيب عليها أنها تفترض أن الرطوبة فى مجال التيسر [من السعة الحقلية إلى نقطة الذبول] متساوية اليسر وهذا مخالف للواقع حيث أن الرطوبة عند السعة الحقلية هى أكثرها تيسراً وتتناقص درجة اليسر كلما اتجهنا لنقطة الذبول الدائم، وعلى كلٍ فهذه الطريقة لم تعد تستعمل كثيراً فى الوقت الحالى.

ثانياً: تقييم كفاءة إستخدام الماء وتحمل ظروف الشد الرطوبي عن طريق الحساب بمعادلات علمية:

الطرق التجريبية لتقدير البخر نتح باستخدام معادلات خاصة:

تعتبر كفاءة إستخدام الماء Water use efficiency (WUE) من المؤشرات الهامة فى دراسة المحاصيل. ويعبر عنها كنسبة بين المحصول واستخدام الماء لوحدة المساحة، فهى كمية الماء اللازمة لإنتاج وحدة واحدة من المحصول. حيث تتباين أصناف المحاصيل فى كفاءة إنتاج المادة الجافة لكل وحدة ماء مستهلكة.

المحصول الاقتصادى Economic yield = البخر نتح (الماء المستهلك) "ET" × كفاءة إستخدام الماء "WUE" × دليل الحصاد "HI".

وعلى ذلك، فإن: كفاءة استخدام الماء = المحصول الاقتصادى (كجم/ فدان)/ البخر نتح (الماء المستهلك).

وفى هذه الحالة تصمم تجارب حقلية فى مكررات تزرع فيها سلالات وأصناف المحاصيل محل الاختبار. وينبغى توفر بيانات عن محتوى رطوبة التربة عند الأعماق المختلفة من القطع التجريبية وتوفر بيانات عن تحليل التربة لمعرفة تركيب الحبيبات والسعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم والماء الميسر والكثافة الظاهرية، كما يجب تسجيل بيانات الأرصاد الجوية وحساب الفقد فى الماء أثناء النمو وربطه وبيانات الأرصاد الجوية.

ويتوقف إستخدام هذه المعادلات على المتاح من بيانات ومعلومات عن ظروف الجو والتربة.

وعموماً عند تقدير كفاءة إستخدام الماء للمحاصيل الحقلية (WUE) ينبغى تحديد رطوبة التربة قبل وبعد كل رية وحساب الاستهلاك المائى الفعلى من المعادلة:

$$CUa = \frac{\theta_2 - \theta_1}{100} \times Bd \times D \times A$$

حيث CUa: الاستهلاك المائى الفعلى Actual consumptive use.

θ 1: ٪ لمحتوى رطوبة التربة بالوزن قبل الرى.

θ 2: ٪ لمحتوى رطوبة التربة بالوزن بعد الرى.

Bd: الكثافة الظاهرية جم/ سم^3

D : عمق قطاع التربة (م)

A المساحة (م^2)

ثم تقدر كفاءة استخدام المحصول للماء من المعادلة الآتية

$$\text{كفاءة إستخدام المحصول للماء (W U E crop)} = \frac{\text{محصول الحبوب (كجم/ فدان)}}{\text{كميه الماء المستهلك (م}^3\text{/ فدان)}} \text{ (كجم/ م}^3\text{)}$$

(Jensen, 1983)

أما فى حالة محصول الأرز فتحوى المعادلة ·

كفاءة إستخدام الماء للحقل (W. U. E field) = $\frac{\text{محصول الحبوب (كجم/ فدان)}}{\text{الماء المضاف (م}^3\text{/ فدان)}}$ (كجم/ م٣)

(Israelsen and Hansen, 1962)

كما تقدر كفاءة إستخدام الماء من المعادلة = $\frac{\text{محصول الحبوب (كجم/ فدان)}}{\text{البخرنتح الفعلى (الموسمى) للمحصول ETa (م}^3\text{/ فدان)}}$

(Vites, 1965)

1– تقدر كفاءة البخر نتح الفعلى (الماء المستهلك) وعمق مياه الرى ببعض الطرق الحسابية طبقاً لمعادلة **Israelsen and Hansen (1962)** كما يلى :

$$Daiw = F.C - \theta_1 / 100 \times Db \times d$$

$$WC = \theta_2 - \theta_1 / 100 \times Db \times d$$

حيث: Daiw : عمق ماء الرى المضاف بالسم

W. C : الاستهلاك المائى بالسم

F. C : محتوى رطوبة التربة عند السعة الحقلية

θ_1 : ٪ لمحتوى رطوبة التربة قبل الرى

θ_2 : ٪ لمحتوى رطوبة التربة بعد الرى

Db : الكثافة الظاهرية (جم/ سم^3)

d : عمق قطاع التربة (سم)

الطرق المباشرة في تقدير الاستهلاك المائي والمحتوي الرطوبي للتربة :

ويستخدم لذلك العديد من الوسائل أشهرها المبخرات وأنواعها كالتالى :

1 - أوعية البخر :

1 -1 - وعاء البخر المفتوح Open pan

يمكن إستخدام أنماط مختلفة من آنية البخر المفتوحة لقياس كمية الفقد فى الماء

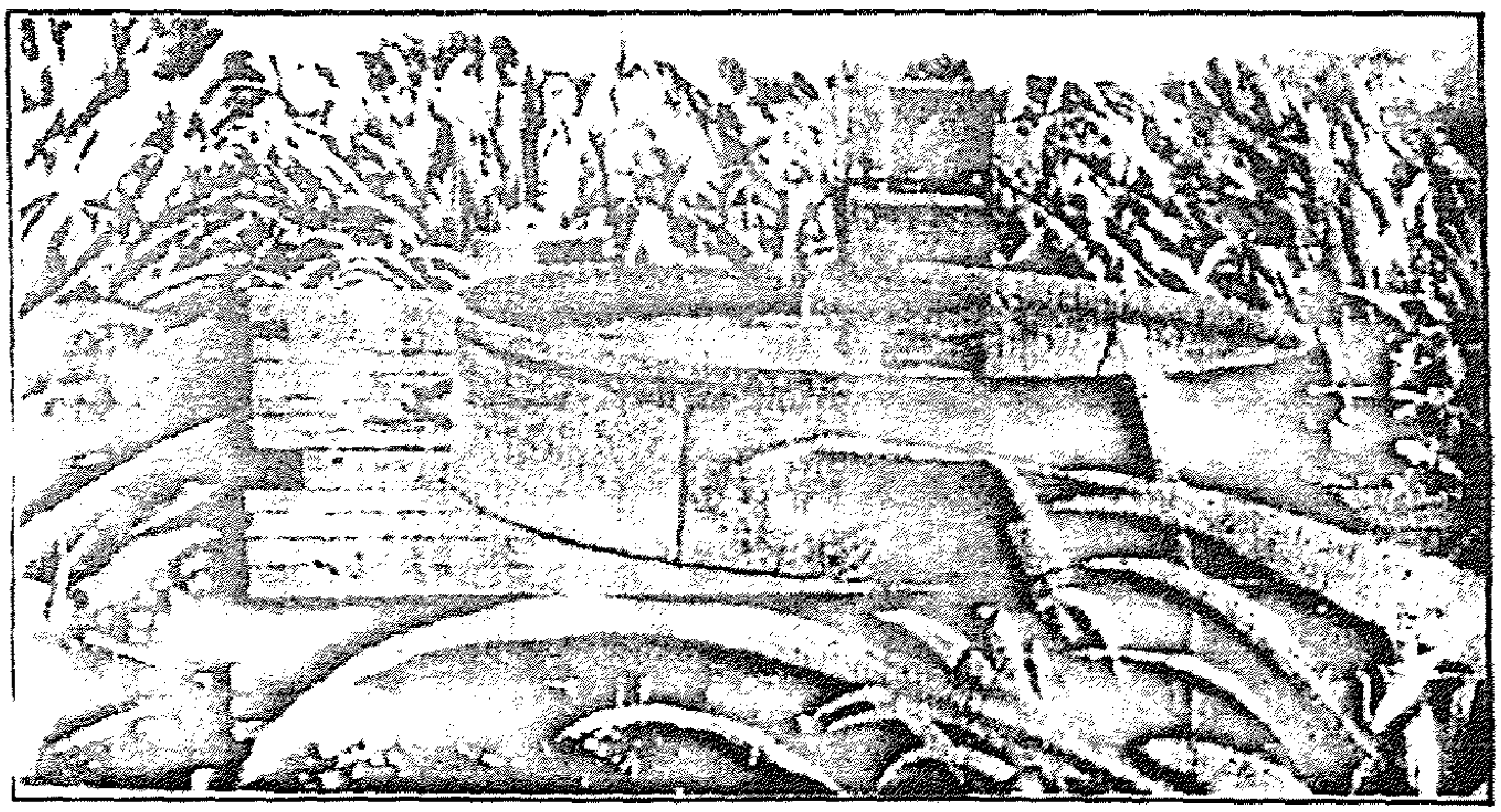
من سطح حر. وهذا الإناء المفتوح عبارة عن وعاء يسمح بتعريض سطح الماء فيه كاملاً للجو. وعلى ذلك فإن القياسات الناتجة من الوعاء ترتبط مع مقادير البخر من المحاصيل المنزرعة فى نفس المنطقة. حيث يوضع الإناء فى مكان مناسب (شكل 1 - 24) حتى المستوى المحدد، ويسجل عمق الماء بدقة. ويفضل إستخدام مقياس خطافى مزود بميكرومتر للقياس، ويسجل مستوى الماء على فترات كل ساعة أو كل يوم. ويمثل إنخفاض مستوى الماء فى الإناء مقدار البخر خلال تلك الفترات حيث تحول قيم معدل البخر المقاس بقراءة مستوى سطح الماء فى الإناء إلى معدل البخر نتح القياسى ومنه يحسب الاستهلاك المائى للمحصول.

$$ETa = K \times Eo$$

حيث: ETa : البخر نتح للمحصول ويرمز له أحياناً ETc

K : معامل المحصول

Eo : البخر نتح القياسى المقدر من إناء البخر



شكل (1 - 24): وعاء البخر المفتوح من النوع المستدير. تقدر كمية البخر بقياس تغيرات العمق باستخدام مقياس خطافي مزود بميكروميتر للقياس. حيث يمثل انخفاض مستوي الماء في الإناء مقدار البخر على فترات كل ساعة أو كل يوم

2 - إستخدام وعاء البخر القياسي Class A pan

وهذا يمتاز بإن سطح الماء المعرض للبخر قد غطى بشبكة من المعدن بها عدد من الثقوب تسمح ببخر الماء بدرجة يكون فيها مقدار البخر من هذه المبخرات تتساوى مع كمية البخر نتح التى تفقد من الحقل المنزرع.

كما يقدر البخر نتح القياسى Potential evapotranspiration (ETP) بالطرق الحسابية مع الاستعانة بالنتائج المتحصل عليها من الوعاء لتقدير كمية البخر نتح فى المنطقة.

$$ET_p = E_{pan} \times K_{pan}$$

(Doorenbos and Pruitt, 1984)

حيث:

E_{pan}: بخر الوعاء ويساوى 7. م/ يوم تحت ظروف شرق الدلتا.

K_{pan}: معامل الوعاء، والذى يعتمد على طراز الوعاء والرطوبة النسبية وسرعة الرياح والظروف البيئية الأخرى.

– ويقدر معامل المحصول Crop coefficient (KC) خلال فترات شهرية من المعادلة:

$$\text{Crop coefficient } (K_c) = \frac{ETa}{ETp}$$

حيث :

ETa: البخر نتح الفعلى (الموسمى) من المحصول.

ETp: البخر نتح القياسى المقدر من إناء البخر.

وباستخدام أوعية البخر قام **أبو الفتوح وآخرون (2002)** بتقدير كفاءة إستخدام الماء وتأثير ذلك على نمو ومحصول صنف قمح الخبز جميزة 7 بمحطة بحوث وتجارب المقننات المائية بالزنكلون – محافظة الشرقية، بحساب كمية المياه للرية الواحدة لأربع ريات شهرية وكانت المعاملات كالآتى :

1- أعطيت كمية مياه تساوى 100٪ من إجمالى كمية البخر، حوالى 2425م3/ فدان.

2- أعطيت كمية مياه تساوى 80٪ من إجمالى كمية البخر، حوالى 2040م3/ فدان.

3- أعطيت كمية مياه تساوى 60٪ من إجمالى كمية البخر، حوالى 1660م3 / فدان.

وقد حققت المعاملة الثانية أعلى كفاءة لاستخدام الماء (1.75 كجم/ م3). وتشير هذه النتيجة إلى إمكانية توفير 385م3 ماء/ فدان (16٪) حيث أمكن الحصول على محصول أعلى من الحبوب والقش للفدان بدون نقص معنوى مقارنة بالمعاملة الأولى. وعلى ذلك يمكن تنظيم رى صنف القمح جميزة 7 بهذه المنطقة باستخدام وعاء البخر القياسى والرى عند نسبة 80٪ من كميات البخر المجمعة على 4 ريات شهرية.

1- 3 - إستخدام وعاء Sunkeu pan

وهو الوعاء المغمور تحت سطح التربة حيث أن درجة حرارة التربة والتى تؤثر على معدل البخر من التربة تؤخذ في الحسبان لإن وجود الوعاء مغموراً فى التربة يجعل درجة حرارته تتناسب مع درجة حرارة التربة للدرجة أن Kc تتراوح بين 0.9 شتاءً إلى 1.1 صيفاً بعكس المبخر السابق Class A pan والذى تتراوح فيه قيمة Kc بين 1.2 إلى 1.4.

2- استخدام الليسيمترات Lysmeter

الليسيمتر عبارة عن أحواض معدنية أو خرسانية معزولة هيدروليجيا عن الحقل الذى توضع فيه، ذات أحجام وأشكال مختلفة بهدف تمثيل الظروف الطبيعية للحقل، تحفر الأرض المراد وضع الحوض فيها بحجم يماثل حجم الحوض ثم يوضع الحوض بحيث يظهر من حافته العليا 5 - 10سم فوق سطح الأرض، وتعاد التربة إلى الحوض بحسب آفاتها الطبيعية قبل الحفر، مع إعادة ضغط التربة لإعادة كثافتها الظاهرية إلى قيمتها الأصلية.

وتعتبر هذه من الطرق المباشرة لتقدير الاستهلاك المائى للمحصول، وتتمثل فى عزل

جزء من المحصول عما حوله وقياس كميات الماء الداخلة إلى والخارجة من هذا الجزء أو العينة (شكل 1 - 25). ويوجد من الليسيمترات ثلاثة أشكال :

أ - الليسيمتر غير الوزنى: ويعتمد على افتراض أن السعة التخزينية للرطوبة فى الأرض تبقى ثابتة. ويكون الاستخدام المائى هو الفرق بين الماء المضاف والماء المنصرف.

ب- الليسيمتر الوزنى: ويحسب منه مقدار الاستهلاك المائى للمحصول بالفقد بالوزن فيما بين الريات.

جـ- ليسيمتر الماء الأرضى: حيث يقدر الاستهلاك المائى للنبات بكمية الماء اللازمة لابقاء مستوى الماء الأرضى على عمق ثابت تحت سطح الأرض.

وللحصول على نتائج دقيقة باستخدام أجهزة الليسيمترات يجب أن تكون النباتات النامية فى الليسيمتر مماثلة بالكامل لحالة المحصول الذى يتم دراسته وأن تكون هذه النباتات معرضة لنفس الظروف الفسيولوچية وأن تكون ظروف رطوبة التربة فى كل من الليسيمتر وباقى الأرض متماثلة. ولذا فإن توقيت إضافة وكميات المياه يجب أن تكون متماثلة تماماً أيضاً، وكذا المعاملات الزراعية الأخرى التى يجب أن تتم بشكل واحد فيما بين الأرض والعينة المأخوذة فى الليسيمتر مثل مواعيد الزراعة وكميات ونوعيات الأسمدة وغسيل ما قد يتجمع من أملاح. ويضاف الماء يومياً لكى يوفر ظروفاً غير محددة لمعدلات البخر - نتح القياسى. وتتم أخذ قياسات يومية لمياه الصرف ويحسب البخر نتح كالآتى :

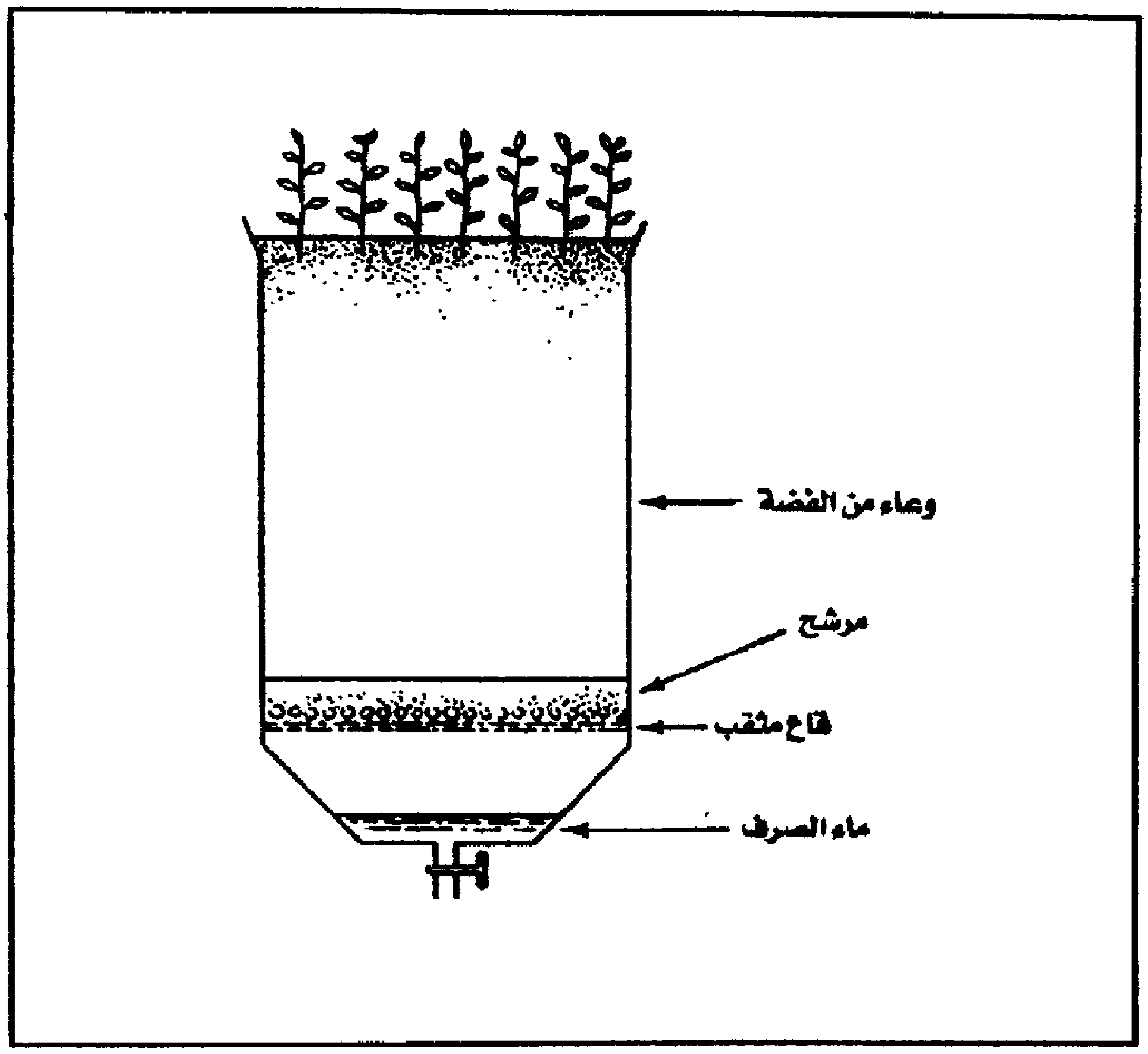
$$ETp = D_a - D_d$$

حيث :

ETp: البخر نتح القياسى (م).

D_a: كمية المياه المضافة (م).

D_d: كمية مياه الصرف (م).

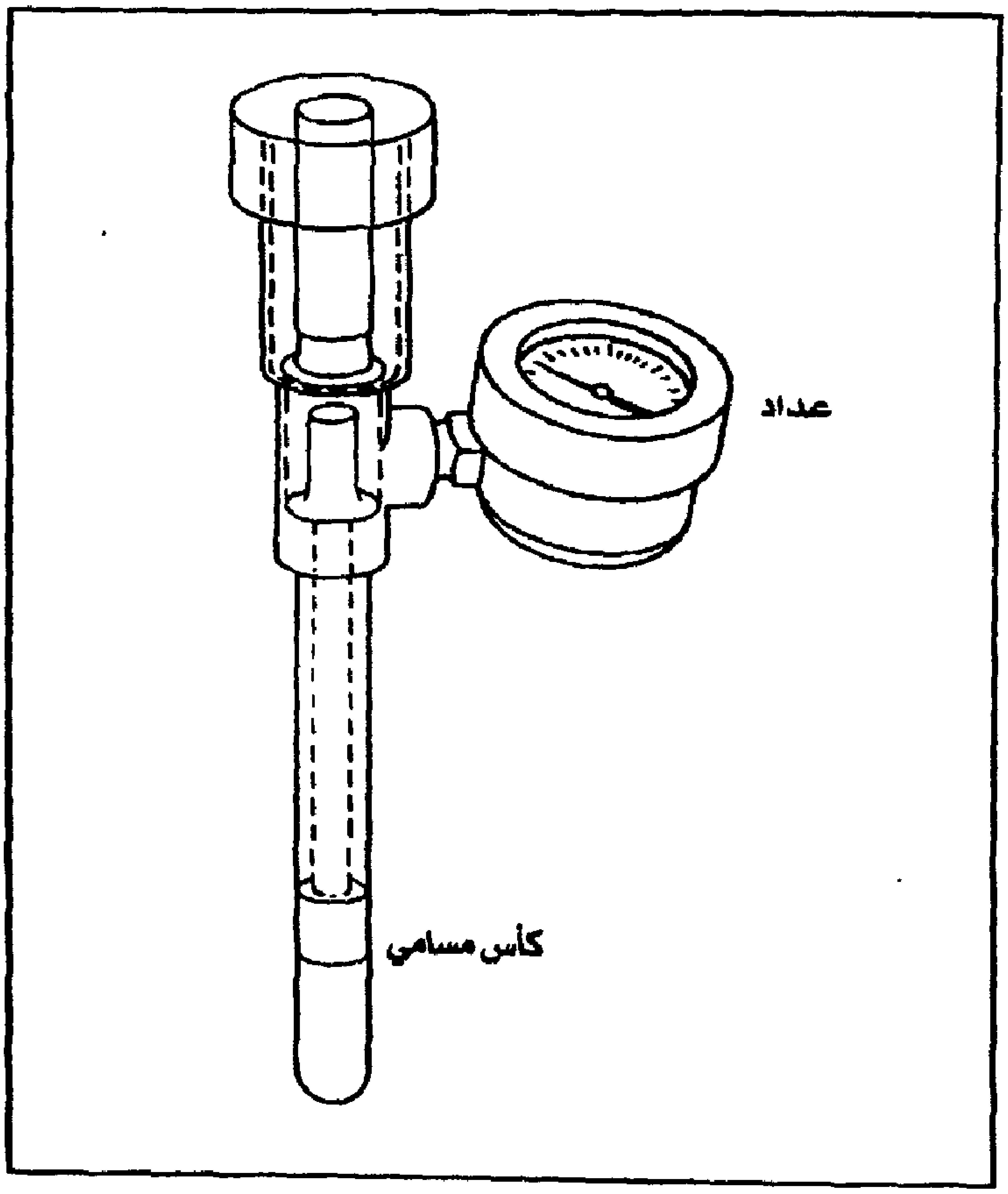


شكل (1 - 25): رسم تخطيطي لجهاز ليسيمتر البخر - نتح القياسي لقياس الاستهلاك المائي للمحاصيل

3- استخدام التنشيومترات Tensiometer

وهى أجهزة تقيس مباشرةً قيمة الشد الرطوبى بالتربة. ويتكون التنشيومتر من كأس مسامى ملئ بالماء ويتصل بمقياس تفريغ لقياس الشد. ويتم وضعه فى الحقل عن طريق عمل حفرة بواسطة الأوجر، بحيث يكون قطرها أقل قليلاً من قطر الكأس المسامى للتنشيومتر وبحيث تصل إلى العمق المطلوب. ثم يدفع التنشيومتر إلى داخل الحفرة مع التأكد من ضرورة وجود إتصال كامل بين الكأس المسامى ومادة الأرض المحيطة به (شكل 1 - 26). وعندما تقوم جذور النبات باستخلاص الماء من التربة، فإن الشد الناتج فى التربة يؤدى إلى سحب الماء من الكأس المسامى حتى الوصول إلى التوازن بين الشد الرطوبى بالأرض ومقدار التفريغ فى التنشيومتر. وعند ذلك يشير مقياس الشد (التفريغ) إلى مقدار الشد الرطوبى بالأرض. ويقيس التنشيومتر مدى محدود يصل إلى - 1.0 بار فقط.

وتعتبر هذه الطريقة من أفضل الطرق التى تستخدم لقياس الإجهاد الرطوبى فى التربة والذى تختلف درجته بحسب المحصول حيث أن - 1.0 بار يعتبر إجهاد رطوبى لمعظم محاصيل الحقل لكن إذا أريد إجهاد أكثر من ذلك فإن هذه الطريقة لا تصلح.



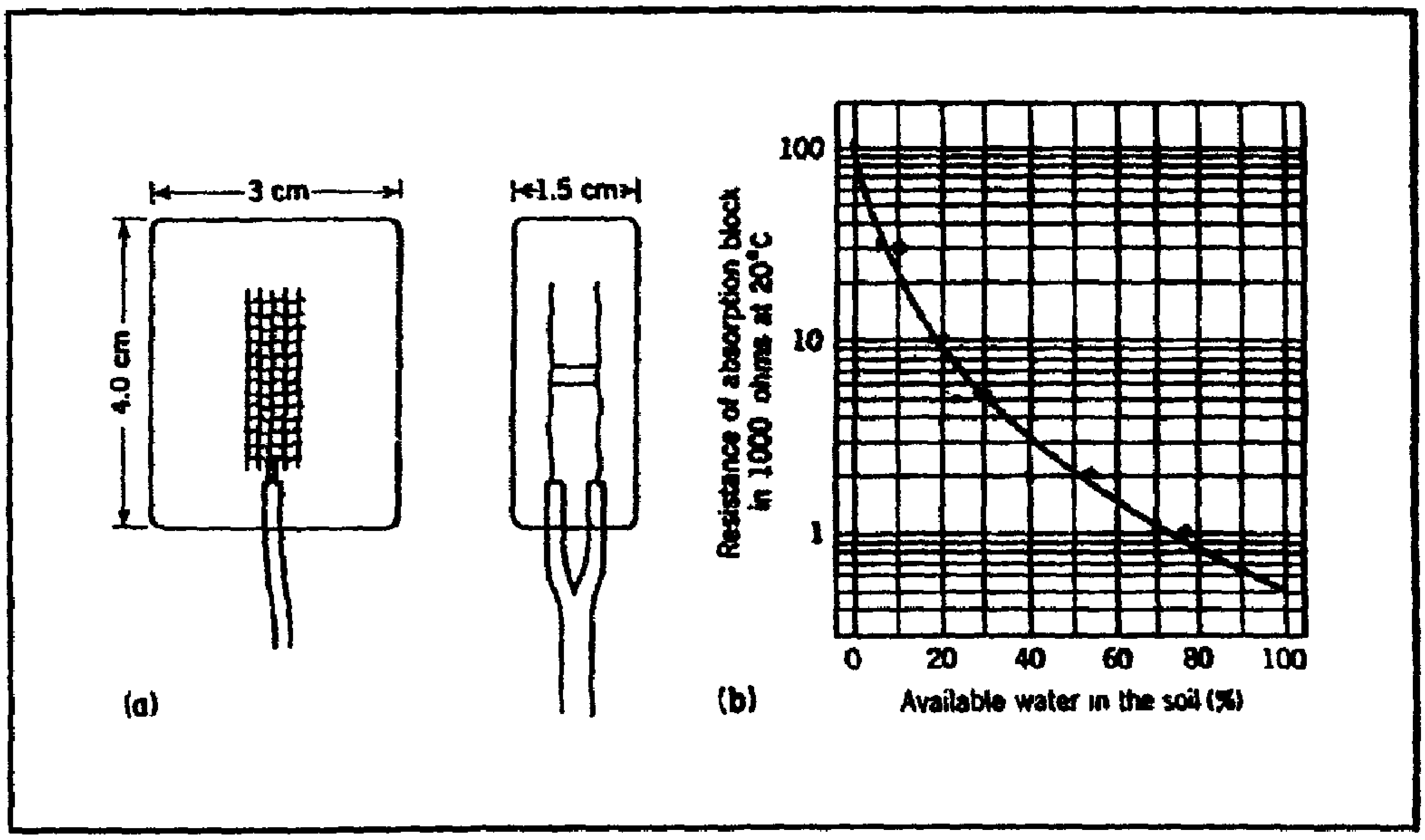
شكل (1 - 26)، جهاز التنشيومتر ويتكون من إنبوبة من البلاستيك متصلة بكأس مسامي عند طرفها الأسفل، وبخزان لملء التنشيومتر عند الطرف العلوي، وعداد تفريغ من نوع Bourdon type يتصل بالأنبوبة من الجانب

4- كتل المقاومة الجبسية Gypsum resistance blocks

وهذه تتكون من كتل تصنع من مادة جبسية أو ألياف زجاجية أو النايلون تحوى بداخلها زوجاً من الالكترودات المتصلين باسلاك كهربائية (شكل 1 - 27). ويتم تشبيع الكتل ووضعها فى الأرض بحيث يكون أحد وجوهها ملاصقاً للتربة. ويصل الشد

الرطوبى فى الكتلة بالتدريج إلى حالة إتزان مع ذلك الموجود بالتربة المحيطة. ومع تغير المحتوى الرطوبى للكتلة تتغير كذلك المقاومة الكهربائية بين قطبيها. وتقاس هذه المقاومة بجهاز قياس المقاومة الكهربية أو بجهاز قياس التوصيل الكهربى المزود بمقياس مدرج من 1 إلى 100. بحيث يقرأ الجهاز 100 فى حالة التشبع وتقل القراءة بانخفاض الرطوبة الأرضية، ويتراوح المدى الفعال لكتل المقاومة بين -1 إلى - 15بار (عن، عبد العظيم، 1997).

وتستخدم هذه الطريقة فى حالة إيجاد إجهاد رطوبى يبدأ من - 1.0 بار فأكثر ولذلك تعتبر التنشيومتر مع كتل المقاومة الجبسية متكاملة تغطى مجال الرطوبة بإجهاد من صفر إلى – 15 بار.

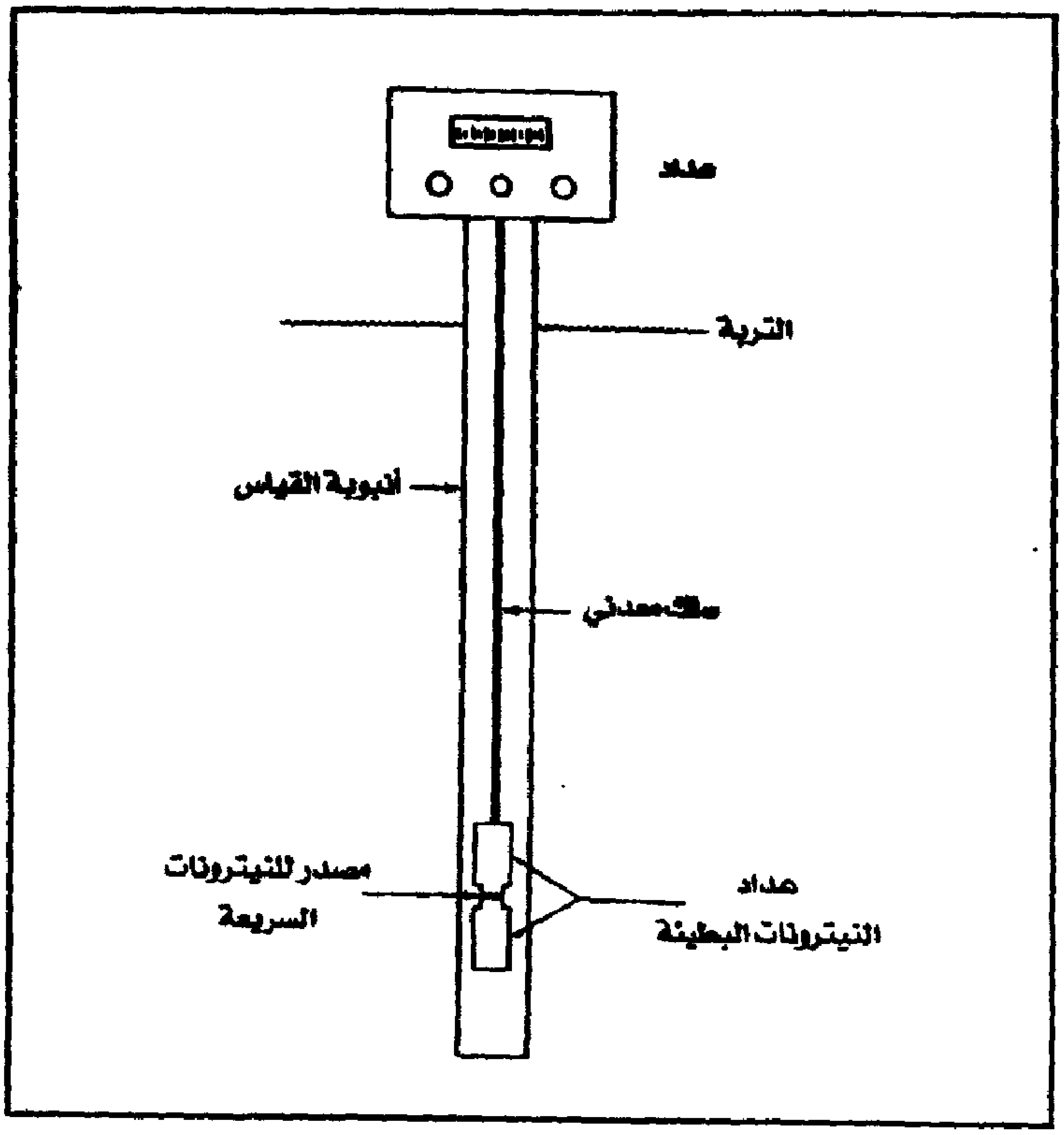


شكل (1 - 27)، (a) الكتلة الجبسية المسامية، رسم تخطيطي لمنظر الكتلة من الوجه ومن الحافة يوضح موقع الالكترودات بداخل الكتلة المصممة لقياس المحتوي الرطوبي للأرض بقياس تغير المقاومة. تصنع الالكترودات من الصلب غير القابل للصدأ.

(b) رسم بياني يربط مقاومة إحدى كتل المقاومة من نوع Plaster of Paris (بالأوم) ومحتوي رطوبة الأرض من الماء المتاح لأرض سلتية لومية

5- طريقة تشتت النيوترونات Neutron - scattering method

تعتمد هذه الطريقة على تصادم النيترونات الصادرة من مصدر سريع مع نواة ذات وزن ذرى منخفض تتمثل فى هيدروچين الماء الموجود بالتربة. وتفقد النيوترونات طاقتها نتيجة للاصطدام وتتحول إلى نيوترونات بطيئة حيث يحدث لها تشتت وانعكاس. ويستخدم جهاز إستقبال لعد تلك النيوترونات البطيئة بحيث يكون معدل العد دالة للمحتوى الرطوبى للأرض (شكل 1 - 28). وهذه الطريقة تعتبر من أحسن الطرق وأسرعها لكنها مكلفة جداً لأرتفاع ثمن الجهاز المستخدم بالإضافة إلى أنه يجب أن تؤخذ الاحتياطات الكافية حتى لا يصاب من يستعمل هذا الجهاز بالإشعاعات الضارة.



شكل (1 - 28) رسم تخطيطي لجهاز تشتت النيوترونات: يتم إنزال مصدر النيوترونات السريعة، وعداد النيوترونات المبطأة إلي عمق القياس المطلوب بداخل أنبوبة القياس الموضوعة بالتربة. يقوم العداد بعدّ النيوترونات المبطأة المرتدة بتأثير الهيدروجين في الماء الموجود بالتربة حيث يتم تسجيلها علي المقياس المتصل بالجهاز. تعبر الرطوبة المقاسة بواسطة الجهاز عن المحتوي الرطوبي للكتلة الكروية من التربة المحيطة بجهاز العد. ويكون حجم تلك الكتلة أكبر كلما كان المحتوي الرطوبي بالأرض أقل.
ويوجد طراز خاص لقياس المحتوي الرطوبي في الطبقة السطحية من التربة

مقاييـس المقاومـة للجفـاف

Drought resistance measurements

تقاس مقاومة أصناف المحاصيل للجفاف بتقدير الصفات النباتية المختلفة سالفة الذكر والتى تأكد إرتباطها مع المقاومة للجفاف سواء فى طور البادرة أو النمو الخضرى أو النبات البالغ، وتتخذ موشراً إنتخابياً فى برامج التربية لمقاومة الجفاف، ومن أهم هذه المقاييس ما يلى :

أولاً: التبكير في النضج كمقياس للهروب من الجفاف :

Early maturity as indicator for drought escaping

يعتبر تقييم وإنتخاب التراكيب الوراثية للهروب من الجفاف من خلال التبكير والمرونة التطورية من المؤشرات البصرية السهلة والبسيطة فى غربلة المواد الوراثية. ويختلف قياس التبكير فى النضج باختلاف المحصول.

- يقدر فى محاصيل الحبوب مثل القمح والشعير والأرز والذرة الشامية، بعدد الأيام من الزراعة وحتى الطرد أو التزهير، أو بالنضج الفسيولوچى (وصول الحبة إلى أقصى وزن جاف لها). وفى الذرة الشامية، تظهر الطبقة السوداء فى نسيج إتصال الحبة بالقولحة وتعتبر مؤشراً للنضج.
- ويقاس التبكير فى النضج فى البقوليات مثل الفول البلدى وفول الصويا.. وغيرها، بعدد الأيام من الزراعة وحتى ظهور أول زهرة أو بوصول البذرة إلى أقصى وزن جاف.
- ويقاس التبكير فى القطن، بارتفاع أول عقدة ثمرية، أو بعدد الأيام من الزراعة وحتى ظهور أول برعم، أوتفتح أول زهرة أو تفتح أول لوزة، أو بالنسبة المئوية للتبكير (نسبة محصول القطن الزهر فى الجنية الأولى إلى محصول القطن الزهر فى الجنيتين).

ثانياً: التقديرات المورفولوجية Morphological assessments

1- طرق تقدير وقياس خصائص المجموع الجذري :

من المؤكد وجود علاقة وثيقة بين النظام الجذرى للنبات وتحمل الجفاف.فعلى سبيل المثال، تستخدم صفات جذر البادرة كمعيار لمقاومة الجفاف. حيث إرتبط طول جذر البادرة عمر 5 - 7 أيام للقمح النامى تحت ظروف أرض رملية مع حجم المجموع الجذرى عند النضج (Hurd, 1976). كما إرتبط حجم المجموع الجذرى للبادرة عمر 30 يوم مع حجم المجموع الجذرى عند النضج وحددت كمعيار إنتخابى للمقاومة للجفاف فى القمح (عن: Singh, 2001).

وفى الأرز، تعتبر مقاومة النبات للاقتلاع من التربة معياراً إنتخابياً للمقاومة للجفاف، حيث إرتبطت القوة اللازمة لنزع البادرات من التربة بوزن المجموع الجذرى وتفرعه. وتستخدم هذه الصفة فى الأجيال الانعزالية كمقياس لغربلة العشائر لمقاومة الجفاف (O'Toole and Soemartono, 1981). وتتعدد طرق تقدير خصائص المجموع الجذرى والتى يمكن تناولها على النحو التالى :

أ- الطرق المعملية غير الحقلية Laboratory methods

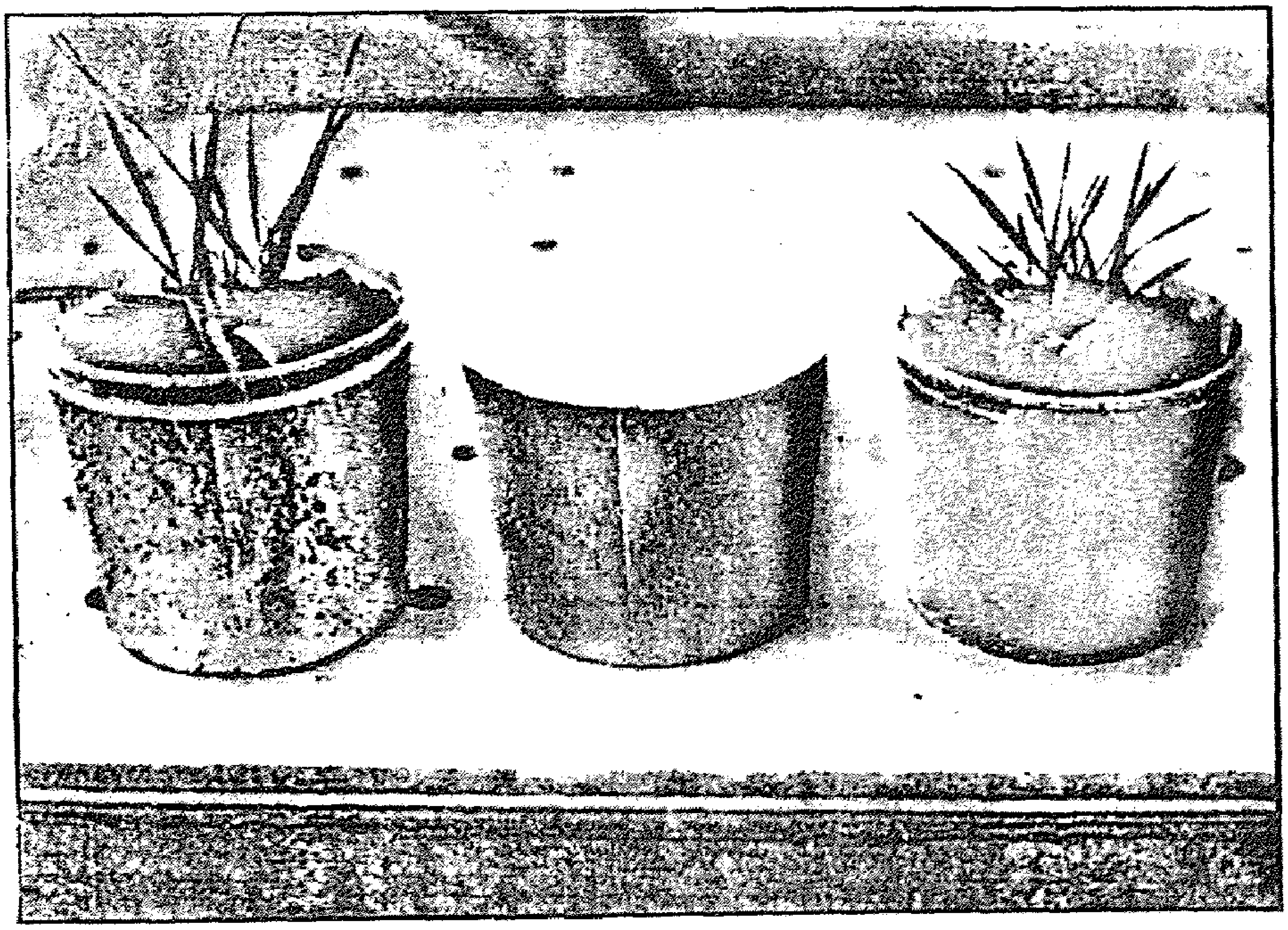
أ - 1 - طريقة الأوعية Container method

تستخدم أوعية نمو المجموع الجذرى فى دراسة مورفولوجى وكيموحيوى وفسيولوچى وكذا بيئة الجذور. ويسمح إستخدام الأوعية باستبعاد عوامل البيئة التى تؤثر على نمو الجذور فى قطاع التربة تحت الظروف الطبيعية، كما تتميز بسهولة التداول وإمكان إستعمالها عدة مرات. إلا أنه يعاب عليها عدم تمثيل ظروف البيئة الطبيعية. وتتعدد أنواع الأوعية ومنها ما يلى على سبيل المثال :

أ - 1 - 1 - الأصص الصغيرة Small pots

تستخدم الأصص الصغيرة المصنوعة من البلاستيك أو الفخار الدائرية أو المربعة فى دراسة الجذور، أو قد تستخدم أوعية شفافة صغيرة لهذا الغرض. ويؤخذ عليها، أن العمق الضحل والحجم الصغير لهذه الأصص، يحد من نمو وإنتشار المجموع الجذرى، حيث

يتركز نمو الجذور قرب الجدار وحول القاع. ويتباين نمو الجذور باختلاف مادة الأصيص نفسها. ويوضح شكل (1 - 29) طرز مختلفة من الأصص. وعند مرحلة النمو المناسبة يجرى فصل الجذور بنقع عينة التربة بالجذور فى الماء لفترة مناسبة حتى يحدث بوشان لعينة التربة ثم تغسل الجذور بالعينة فى مصافى قطر ثقوبها 0.2 م^2 وتجفف هوائياً ثم فى فرن على 105°م لمدة 24 ساعة. ويقدر مؤشرات الجذور مثل عدد وحجم وطول ووزن الجذور ونسبة وزن المجموع الجذرى إلى الخضرى (Awaad, 1987).



شكل (1 - 29): الأصص البلاستيك الشفافة المستخدمة في دراسة الجذور لمحاصيل الحبوب الصغيرة. ولحماية الجذور من تأثير الضوء توضع هذه الأصص البلاستيك داخل أصص من الكرتون المشبع بالشمع لها نفس الحجم تقريباً

أ - 1 - 2 - الصناديق والأنابيب Boxes and tubes

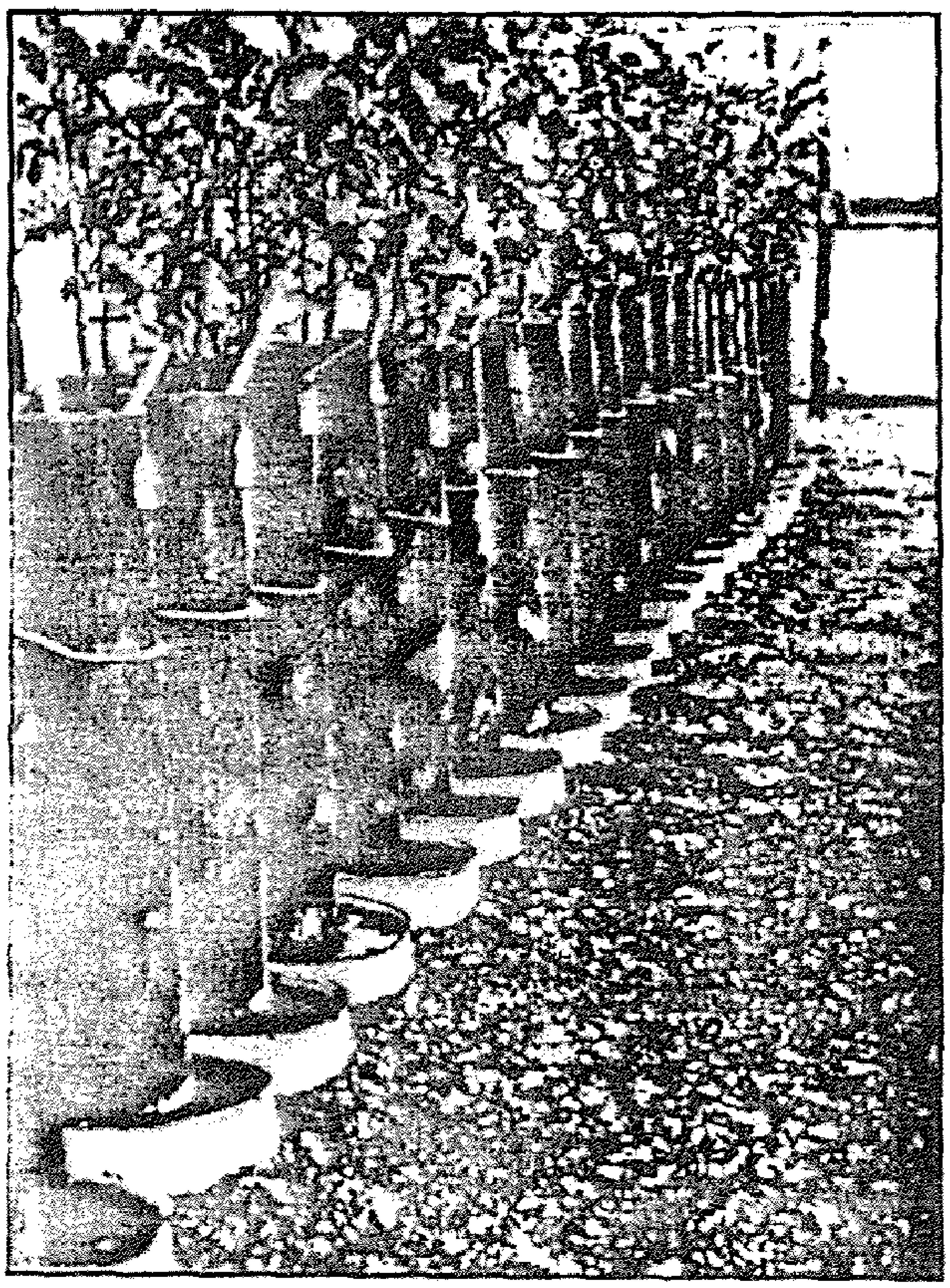
- **الصناديق Boxes** : تستخدم الصناديق على نطاق واسع فى الدراسات البيئية للمجموع الجذرى، وتصنع من الحديد بإحجام مختلفة يصل بعضها إلى 30 x 30سم^2 بعمق يصل إلى حوالى 100سم أو قد تصنع من الخشب بطول 200 سم، تزود بباب قابل

للحركة أو قد تصنع من بلاستيك الاكريليك مقاس 5 x 11 x 80 سم (Schuurman and Goedewaagen, 1971).

-الأنابيب Tubes

تستخدم أنابيب الصرف أسطوانية المقطع المصنوعة من البلاستيك أو الألمونيوم أو الحديد بقطر 32 سم وطول 60 سم (Gliemeroth, 1957)، أو قد تصنع هذه الأنابيب من الاسبستوس بقطر 15 سم وإرتفاع 75 سم، فى دراسة المجموع الجذرى (Schuurman and Goewaagen, 1971).

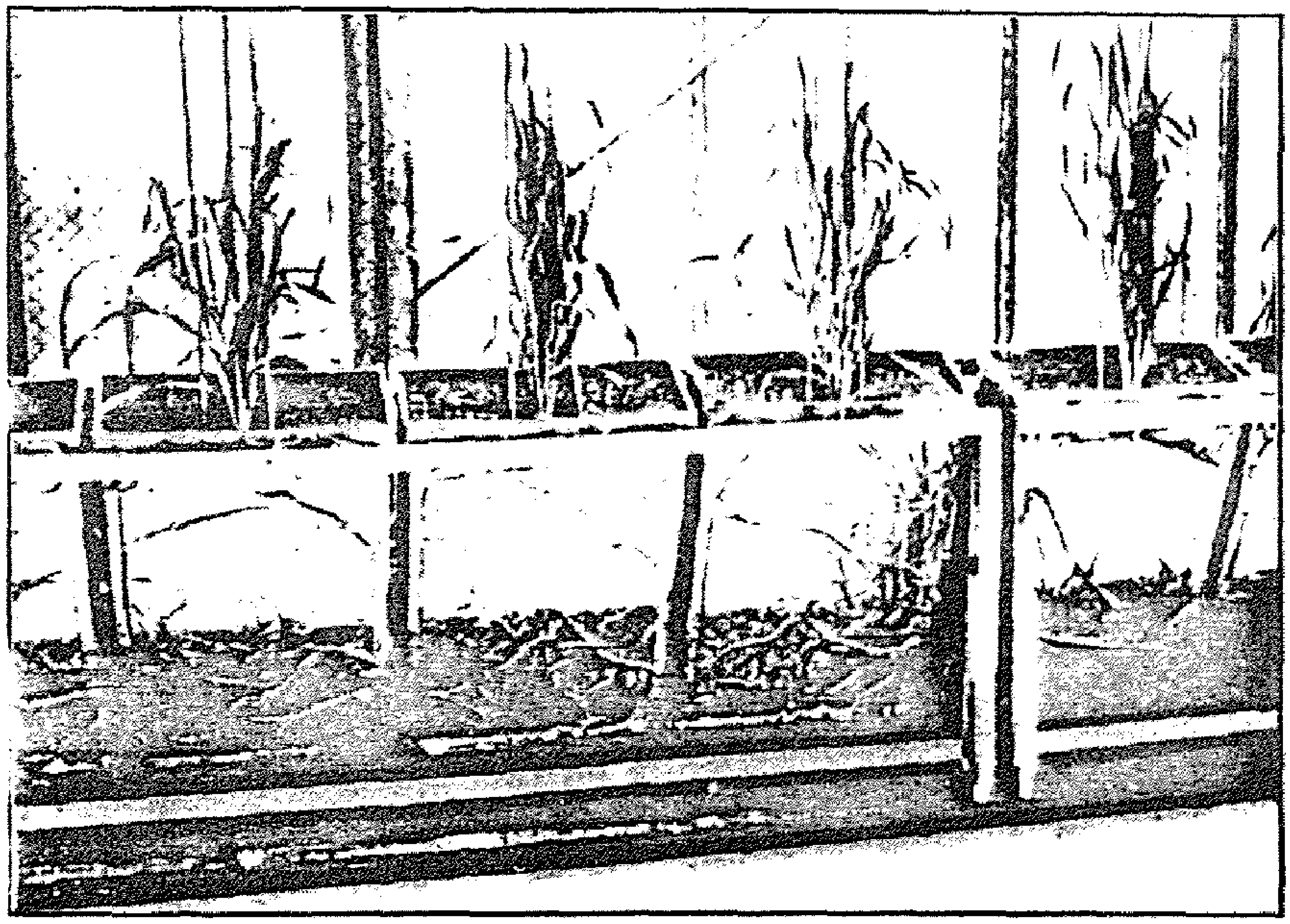
ويراعى قبل ملئ الأنابيب بالتربة، أن يقفل قاع الأنبوبة بقماش من النايلون المسامى أو بشبكة من السلك (شكل 1 - 30). وميزة هذه الأنابيب إمكان إستعمالها عدة مرات تحت ظروف المعمل أو الصوبة.



شكل (1 - 30): أنابيب الصرف الصحي PVC المستخدمة في دراسة الجذور بمعهد خصوبة الأراضي Haren - Groningen بهولندا

أ - 1 -3 - الأوعية ذات الواجهة الزجاجية الشفافة Glass - faced containers

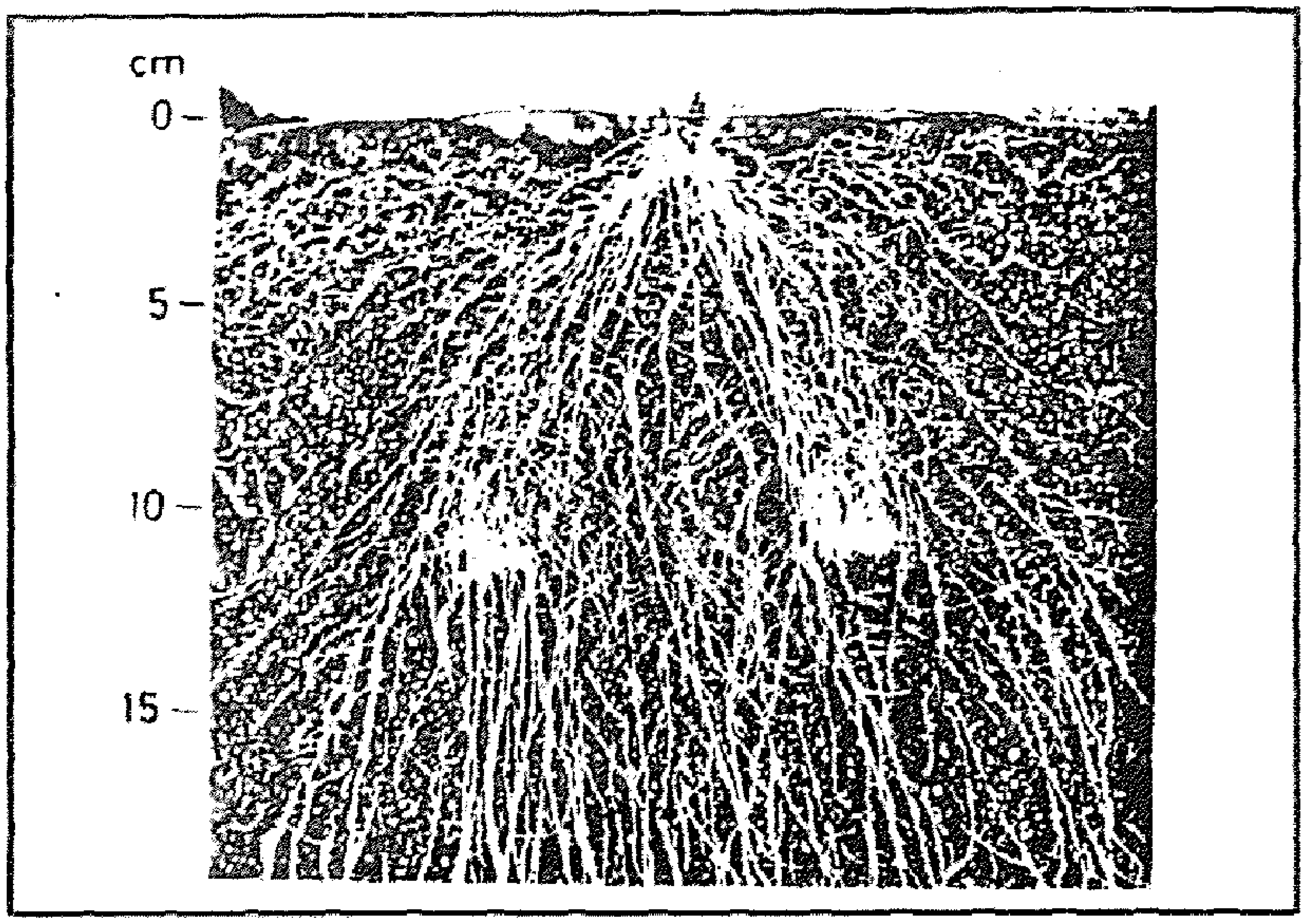
تستخدم هذه الأوعية المصنوعة من الخشب أو المعدن ذات جانب مزود بلوح زجاجي قابل للحركة، يغطى بمادة معتمة من ورق الألمونيوم لحماية المجموع الجذرى من تأثير الضوء (شكل 1 - 31).



شكل (1 - 31): الصناديق ذات الوجه الزجاجي الشفاف في وضع مائل. تغطي الأسطح الزجاجية المواجهة بورق الألمونيوم والذي يزال عند ملاحظة نمو الجذور

ويسد جوانب قاع الصندوق بإحكام لمنع تسرب الماء والعناصر الغذائية، وتضاف التربة بكمية مناسبة إلى أرضية الصندوق ويجرى صرف الماء من الصناديق على فترات كما هو الحال فى الليسوميتر. ويختلف حجم هذه الأوعية حسب النوع النباتى والهدف من الدراسة.

ويفيد إستخدام هذه الأوعية فى التقدير الوصفى وملاحظة حالة المجموع الجذرى خلف الزجاج من حيث النمو، اللون، التفريع والإنتشار (شكل 1 - 32).



شكل (1 - 32): المجموع الجذري لنبات الشعير النامي في الصندوق ذو الوجه الزجاجي الشفاف بعد إزالة اللوح الزجاجي وغسل طبقة رقيقة من التربة. تشير البقعتان ذات اللون الأبيض إلى حبوب السماد الفوسفاتي (عن: Böhm, 1974)

فقد لاحظ **El-Shazly and Warboys (1989)** إختلاف معدل إمتداد وإستطالة الجذور عند زراعتها فى أنابيب شفافة تحت مستويات مختلفة من إجهاد رطوبة التربة. واستخدم الباحثان صفة كثافة الجذور (الطول المرئى للجذور/ سم^2) كمعيار إنتخابى فى برامج غربلة أصناف الفول البلدى لمقاومة الجفاف.

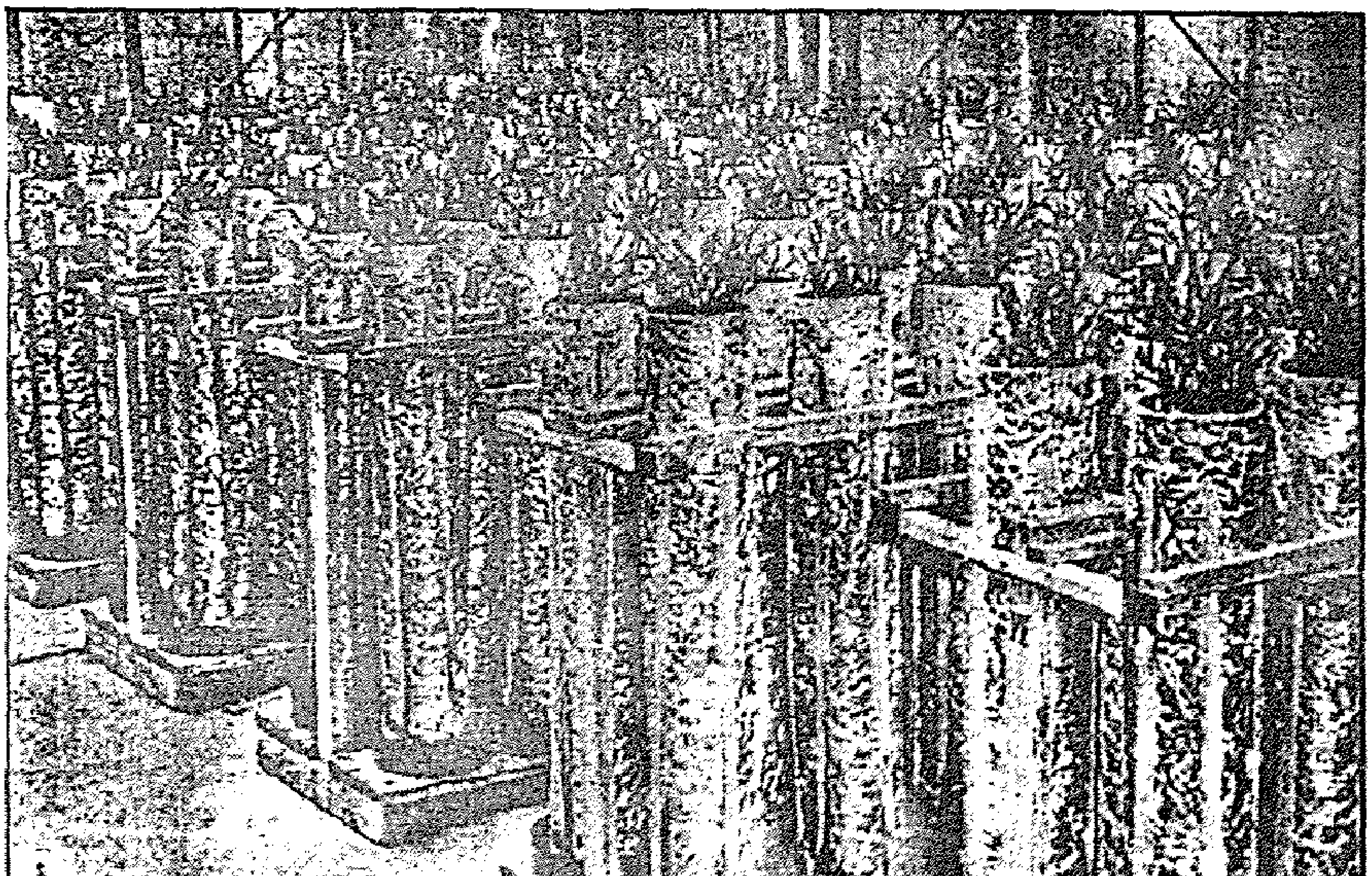
كما يمكن إجراء التقدير الكمى للجذور بالاستعانة بورق رسم بيانى أو باستخدام أقلام الشمع أو أقلام الحبر المقاومة للماء، ويمكن تقدير طول الجذور بواسطة Opisometer بالاستعانة بأجهزة الكمبيوتر **(Orington and Murray, 1968)**.

وقد أمكن تطوير طرز من هذه الأوعية بأحجام 120 x 120 x 6.5 **(Werenfels, 1967)** أو 240 x 115 x 20 سم **(Hoogenboom *et al.*, 1987)**.

هذا وقد طور **Murdoch** ومعاونوه **(1974)** أنابيب الصرف PVC المصنوعة من أسيتات البلاستيك، والمزودة بشبابيك ملاحظة قابلة للحركة فى دراسة الجذور. إلا أنه يعاب عليها تحديد نمو وحجم المجموع الجذرى، لذا تبدو غير مفيدة فى دراسة تطور المجموع الجذرى

أ - 1 - 4 - الأنابيب اللدنة (المرنة) Flexible tubes

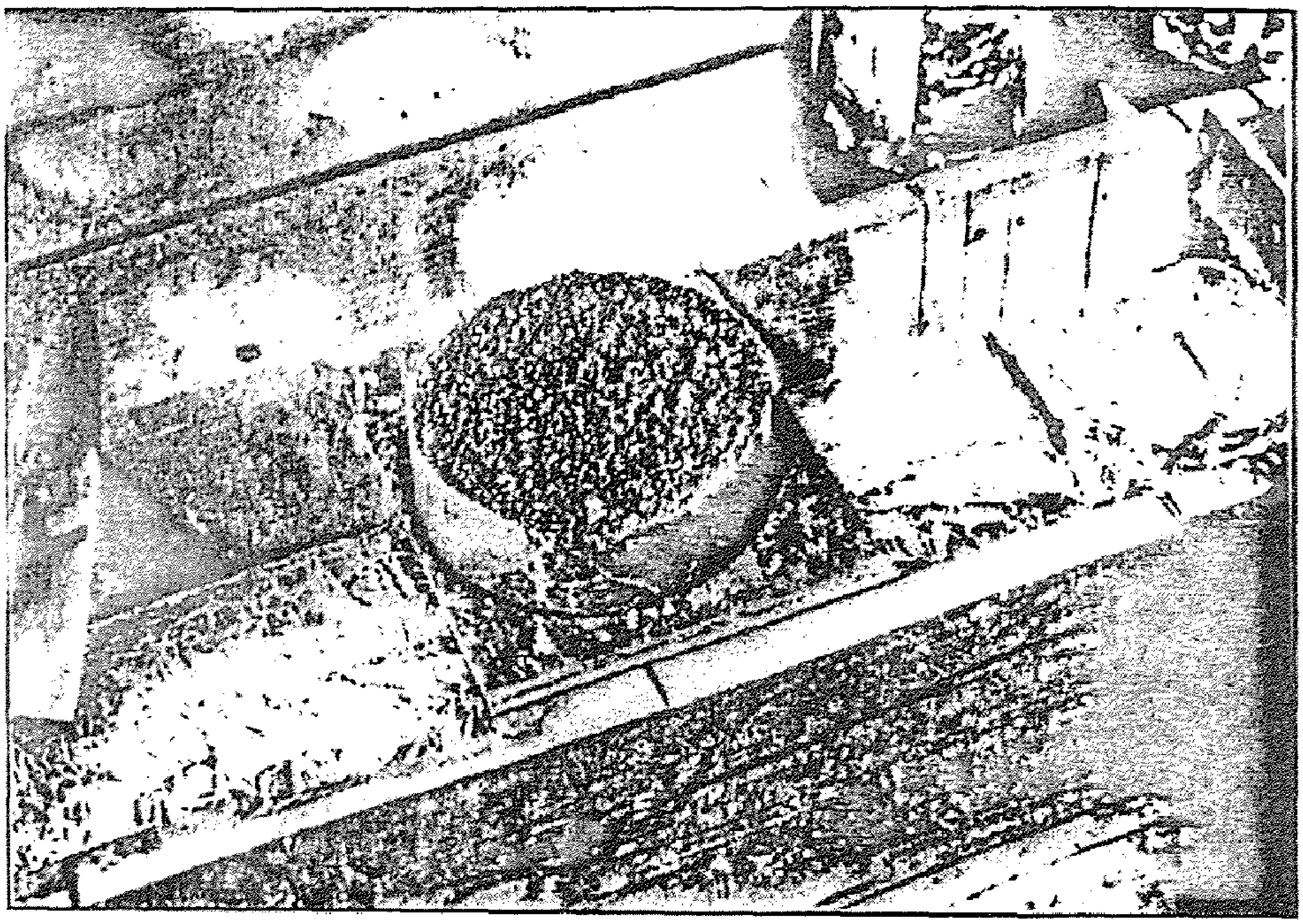
تستخدم أنابيب غشائية مصنوعة من البلاستيك اللدن بقطر يتراوح من 6 - 30 سم وطول 60 - 150 سم. وقد طور Böhm (1972) طراز من الأنابيب مصنوع من البولى إيثيلين بقطر 15 سم وطول 150 سم، يسد قاعها بلوح بلاستيك مثقب (100 ثقب أبره)، للسماح بنفاذ الماء وعدم تلف الجذور. وتملأ الأنابيب بتربة منخولة رطبة يتم دمجها أثناء الملئ ويحكم قمة أعمدة التربة من أعلى بحلقات من مواسير PVC القوية بطول 4 سم. وتوضع الأنابيب فى أطباق صغيرة، وتحاط بورق الالمونيوم لتجنب تأثير الضوء على الجذور وتثبت على قاعدة خشبية (شكل 1 - 33). ويجرى ريها بإمداد مائى ثابت يتم معرفته من خلال مستوى الماء فى الأطباق. وتؤخذ القراءات عن نمو الجذور بأحد طريقين:



شكل (1 - 33): أنابيب البولي إيثيلين اللدنة مثبتة علي قواعد خشبية تلف بورق من الالمونيوم لحماية الجذور من الضوء

الأول: إخراج كتلة الجذور الداخلية وغسلها خارج الأنبوبة (شكل 1 - 34).

الثاني: وضع عمود التربة على صندوق خشبى مناسب أو صينية ويقطع إلى أجزاء دون إزالة غشاء البولى إيثيلين، ويجرى فصل الجذور بعملية الغسيل، ثم يقدر وزن وكثافة وخصائص الجذور عند الأعماق المعينة.



شكل (1 - 34): قطعة دائرية من التربة والجذور ناتجة من تجزئ أنبوبة البولي إيثيلين الملفوفة بورق الالمونيوم بواسطة السكين (Böhm, 1972)

ويحقق إستخدام هذه الطريقة ميزة توفير الوقت والجهد فى تحرير المجموع الجذرى بمقدار الربع مقارنة بالأسطوانات الصلبة، كما أنها عملية واقتصادية فهى أرخص 10 - 20 مرة من الأسطوانات البلاستيكية أو الزجاجية. إلا أنه يعاب عليها، الإستخدام مرة واحدة فقط.

ب - الطرق الحقلية Field methods

تتعدد الطرق الحقلية المستخدمة فى الحصول على الجذور ومنها ما يلى:

ب - 1 - طرق المونولايث (عمود التربة بالجذور) Monolith methods

وفى هذه الطرق يؤخذ عمود التربة بالجذور Monolith بواسطة الجراف أو آلة أخذ العينة وتفصل التربة عن الجذور بالغسيل المباشر فى الحقل، أو تنقل إلى مكان مناسب لإتمام ذلك. وتستخدم هذه الطرق فى التقديرات الكمية للجذور وأحياناً فى الدراسات الوصفية النظرية. وتتعدد طرق المونوليث ومنها طريقة الجراف البسيط، والمونوليث الشائعة، والصناديق والأقفاص ولوحة الأبر (المسامير).

ب - 1-1 - طريقة الجراف البسيط Simple spade method

يستخدم الجراف فى أخذ أعمدة صغيرة حجم 20 سم^2 لدراسة الجذور فى القطاع العلوى من التربة. وقد استخدمها **Pittman** عام **(1962)** فى دراسة نمو جذور القمح الشتوى.

ب - 1-2 - طريقة المونوليث الشائعة Common monolith method

توجد عدة طرق للحصول على عمود التربة بالجذور منها :

ب - 1-2 -1 - المونوليث المربع (أعمدة التربة المربعة) Square monoliths

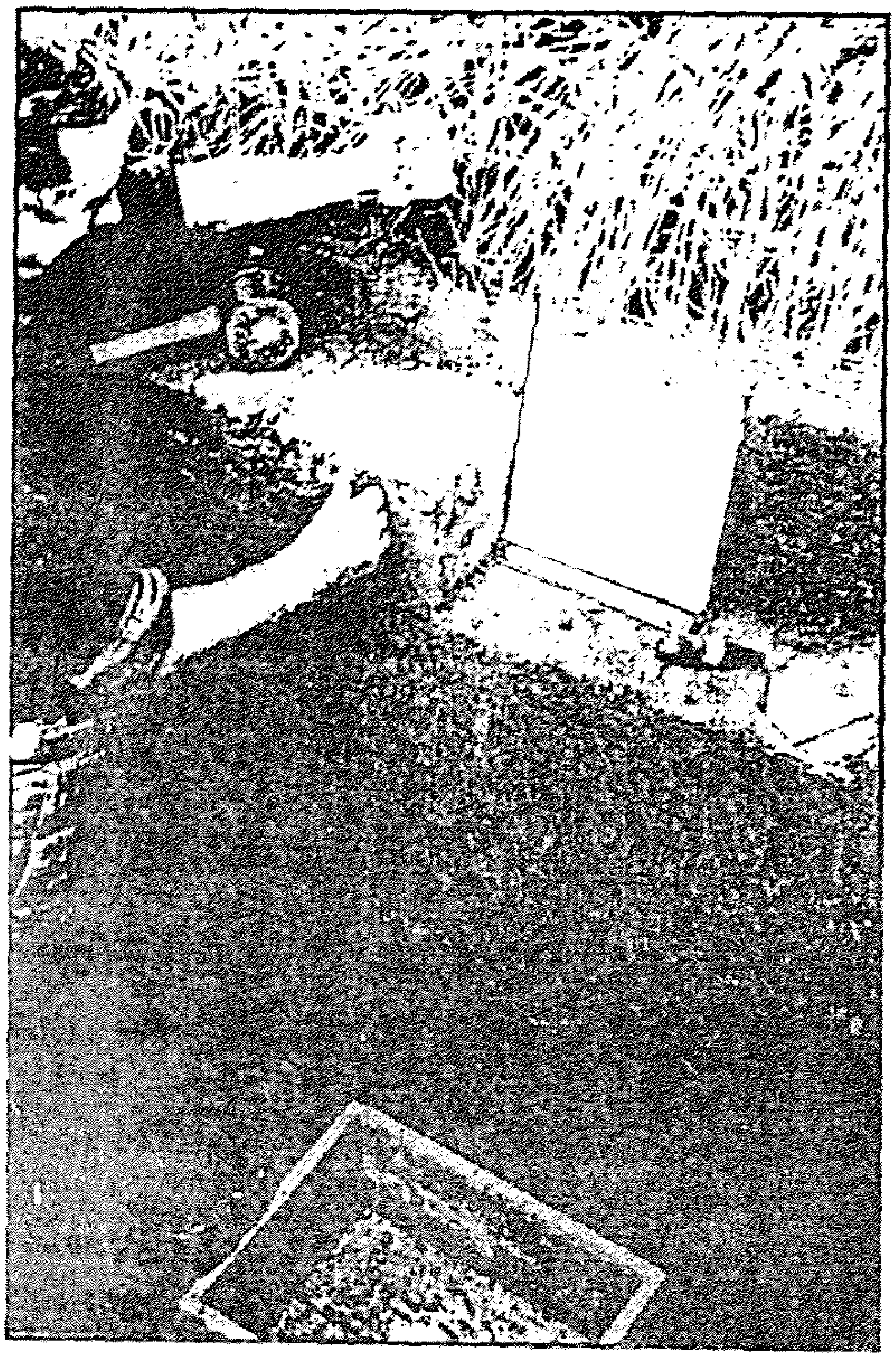
تتم هذه الطريقة بحفر خندق بعمق 1 متر يصل إلى أقصى عمق للجذور وأخذ أعمدة تحتوى على الجذور والتربة من جانب الحائط، طبقة وراء طبقة بحجم 10 سم لمتابعة توزيع وإنتشار الجذور ويسمح ذلك بأخذ 5 عينات أو أكثر Subsamples.

ويختلف حجم أعمدة التربة من منشورات Prisms بحجم 10 x 10 x 10 سم إلى قوالب كبيرة، حيث يتباين حجم المونوليث من 1000 إلى 5000 سم^3 حسب النوع النباتى والهدف من الدراسة **(Kopke, 1979)**.

طريقة الإجراء:

يراعى قبل أخذ عينات التربة بالجذور Monoliths، تهذيب القطاع باستخدام

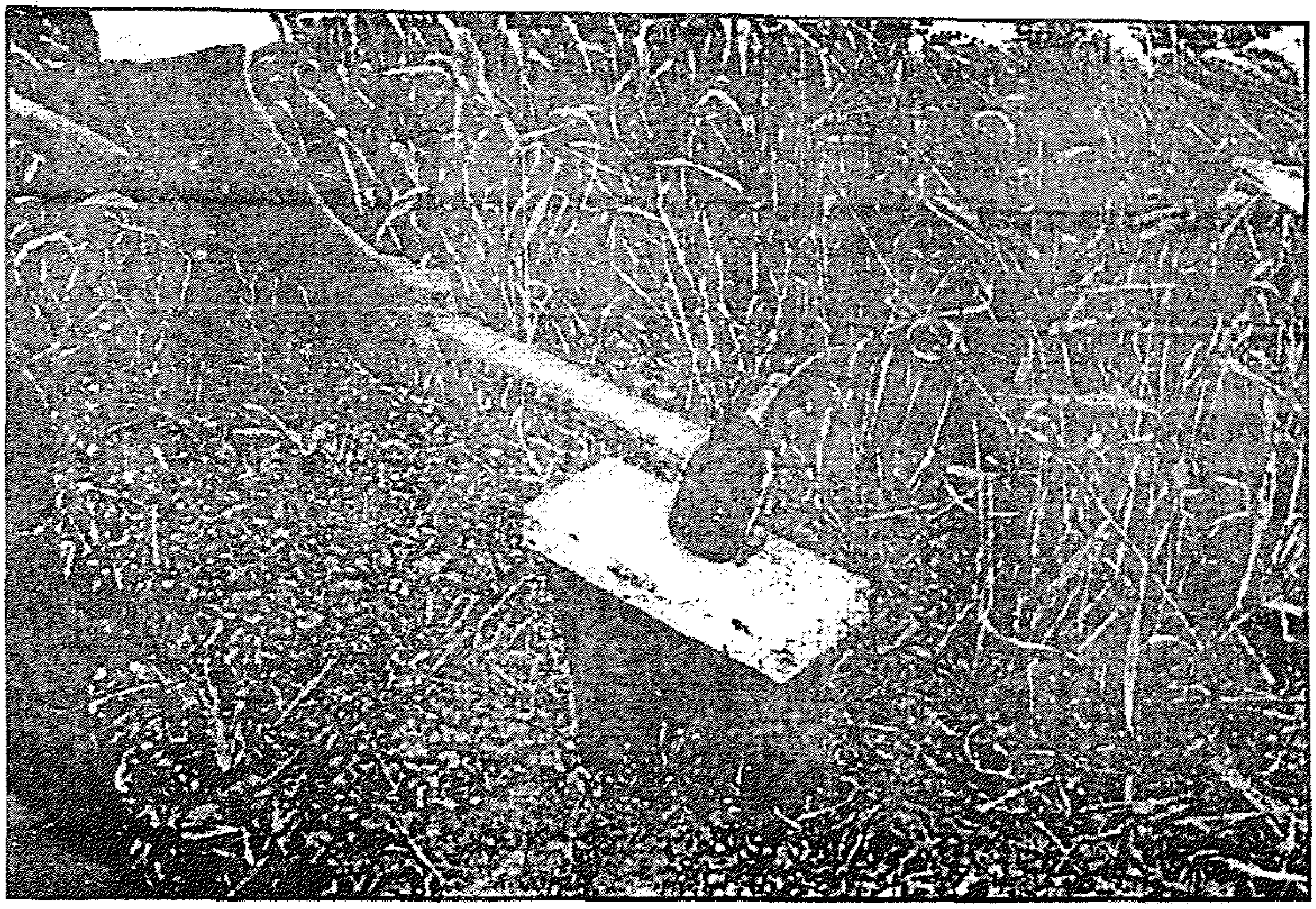
فادن (ميزان خيط) ويؤخذ الحجم المطلوب من أعمدة التربة بالاستعانة بمطرقة ولوح معدنى يشبه السكين (شكل 1 - 35).



شكل (1 - 35): طريقة أخذ عينات المونوليث المربعة من الحفرة

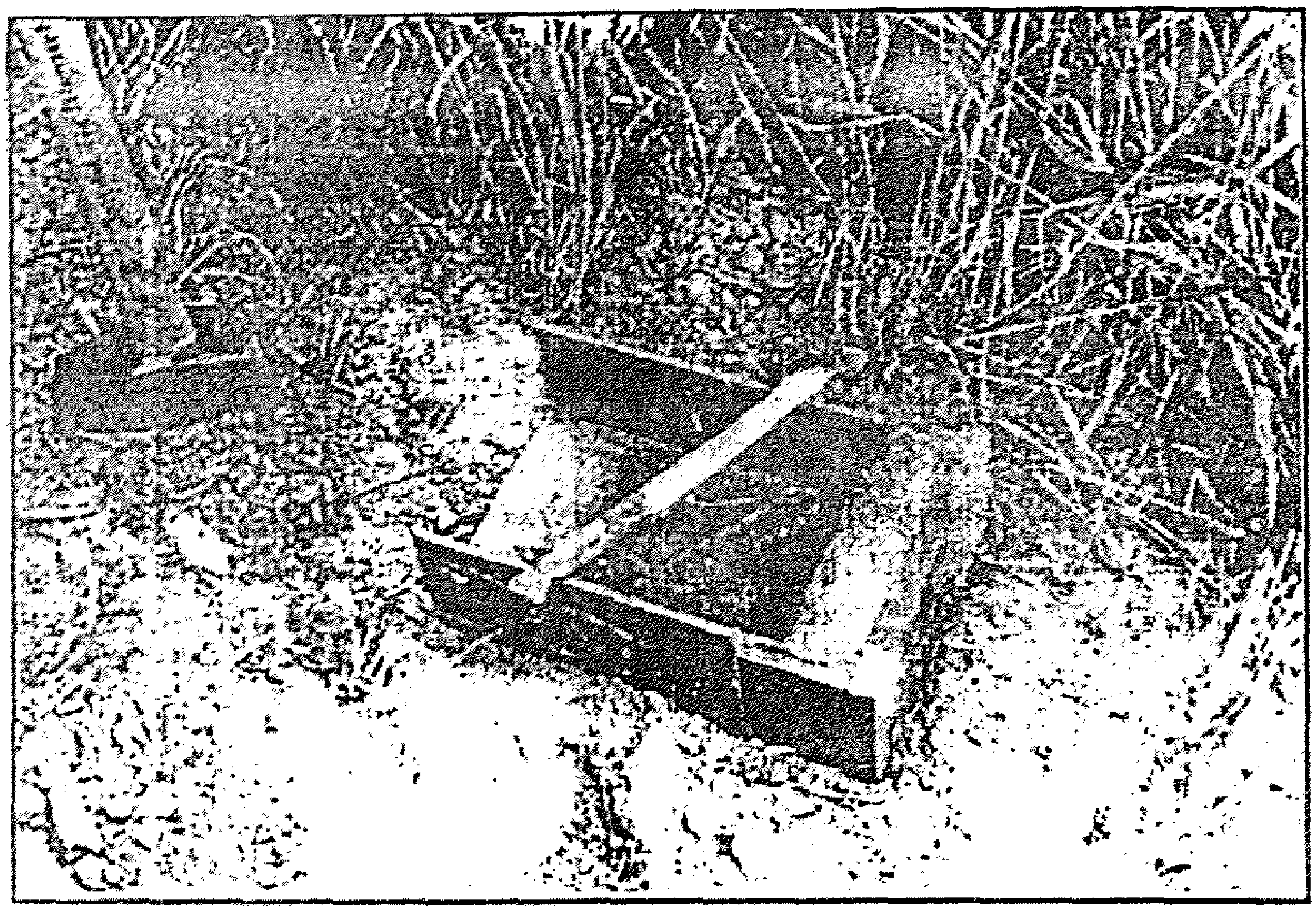
أو قد تستخدم أداة أخذ العينة Sampler بأحجام تتراوح من 5 x 5 سم^2 إلى 30 x 30 سم^2، ومن 10 إلى 50 سم فى الطول ذو ثلاث جوانب مفتوحة، مصنوعة من الصلب بسمك أقل من 6 مللى وجانب مزال حتى لا تندمج التربة عند دفع الصندوق إلى الأرض، وباقى الجوانب الثلاث تكون حادة. ويقوى سطح الصندوق بمسطح صلب، يتم دفعه إلى قطاع الجذور بالدق بمطرقة، مع إستخدام قطعة من الخشب للدق عليها

أثناء أخذ العينة للمحافظة على آخذ العينة Sampler (شكل 1 - 36). وعموماً عند أخذ العينة، يجب إزالة بعض التربة بواسطة جاروف من المساحة المحيطة بالجانب الخارجى لأداة أخذ العينة، بعد ذلك يجرى تهذيب الجانب المفتوح بواسطة سكين ويقطع بعد ذلك عمود التربة المتحصل عليه إلى عينات أقل (شكل 1 - 37).

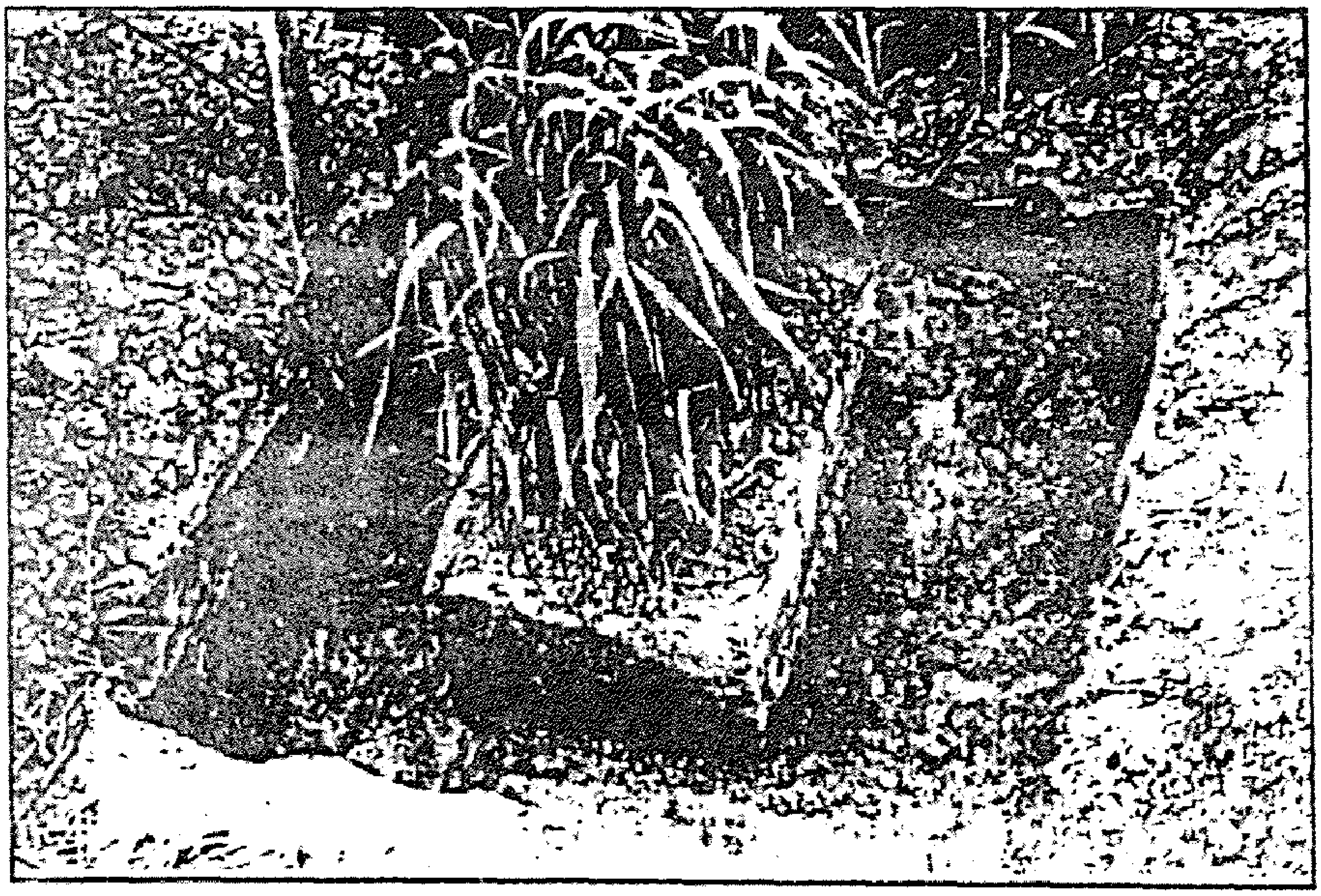


شكل (1 - 36): دفع الصندوق الصلب إلى التربة بالدق بمطرقة للحصول على مونوليث التربة بالجذور

وفى حالة الرغبة فى دراسة المجموع الجذرى فى الطبقات العلوية، يتم تجهيز قطاع المونوليث حراً من الوسط المحيط باستبعاد التربة من حول القطاع بواسطة جاروف (شكل 1 - 38)، ويجرى فصل القطاع من أسفل وينقل إلى صناديق غسيل مثقبة تشبه المصفاه. وقد استخدم هذا التكنيك فى تقدير كتلة الجذور فى المحاصيل الزراعية فى الطبقة المستحرثة من التربة.



شكل (1 - 37): تقسيم مونوليث التربة بالجذور في الصندوق الصلب
إلى عينات أقل Subsamples



شكل (1 - 38): الحصول على قطاع المونوليث حراً من التربة بواسطة الجاروف
لدراسة الجذور في الطبقة العلوية من التربة

ب - 1 - 2 - 2 - طريقة الصندوق Box method

تختلف طريقة الصندوق عن طرق المونوليث الأخرى، فى أنها تعتمد على إعداد أعمدة كبيرة من التربة داخل صناديق، يجرى غسلها دون تجزئتها إلى قطاعات Sections. وتفيد هذه الطريقة فى الحصول على مجموع جذرى كامل أو جزء كبير منه لنبات أو أكثر. حيث يمكن الحصول على مونوليث بأحجام 65 x 65 x 105 سم لمحاصيل عمر 40 يوم أو بأحجام 80 x 80 x 165 سم لنباتات فى طور النضج. وقد استخدمت فى دراسة المجموع الجذرى للمحاصيل الحقلية الحولية والحشائش. وتعتبر من الطرق الاقتصادية حيث يمكن الحصول على القطاع ونقله دون الحاجة إلى ماكينات خاصة.

طريقة الإجراء :

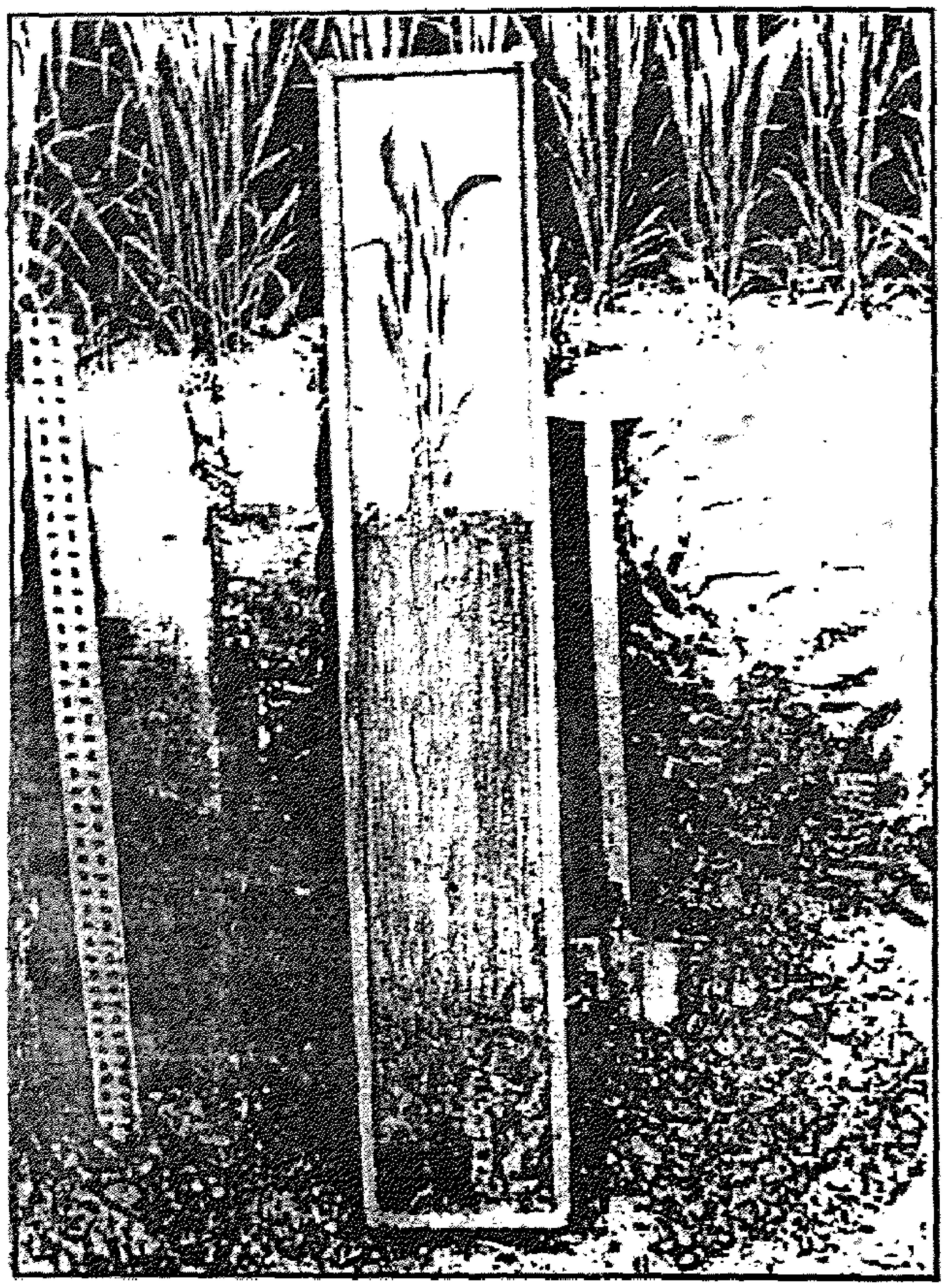
يحدد المكان المناسب لأخذ العينة بعمل حفرة بعمق يصل إلى 30 سم أسفل أقصى عمق يمكن أن تصل إليه الجذور، بعرض 100 سم وطول 120 سم ذات جوانب رأسية. وبإستخدام صندوق خشبى قوى حاد الحواف، مفتوح، عرض 20 سم وعمق 10 سم وطول 100 - 150 سم يدفع إلى المكان المناسب لأخذ العينة والسابق تحديده بالإبرة والخيط من جدار الحفرة، بالضغط ، حيث يجرى إستبعاد التربة من الجوانب ومن أسفل، مع فصل القطاع بالكامل من الجانب المتصل بالجدار فى شكل مستطيل بواسطة لوح معدنى أو سكين (شكل 1 - 39) ، يتم نقله حيث ينقع فى الماء لعدة ساعات أو أيام فى خزانات كبيرة موضوعة بزاوية 10° تغسل فيها الجذور بعناية. بعد ذلك يصور المجموع الجذرى ويقدر مختلف مؤشرات الجذور.

ب - 1 - 2 - 3 - المونوليث الحلقي Round monolith

ويستخدم فى حالة الأشجار الخشبية.

ب - 1 - 2 - 4 - طريقة الأقفاص Cage method

وهى من الطرق القديمة، التى تستخدم أحياناً فى حالة الأشجار الخشبية.



شكل (1 - 39): طريقة الصندوق المقترحة بواسطة Weaver - Darland. يوضح مونوليث التربة بالجذور داخل الصندوق، بعد فصله مُعداً للغسيل

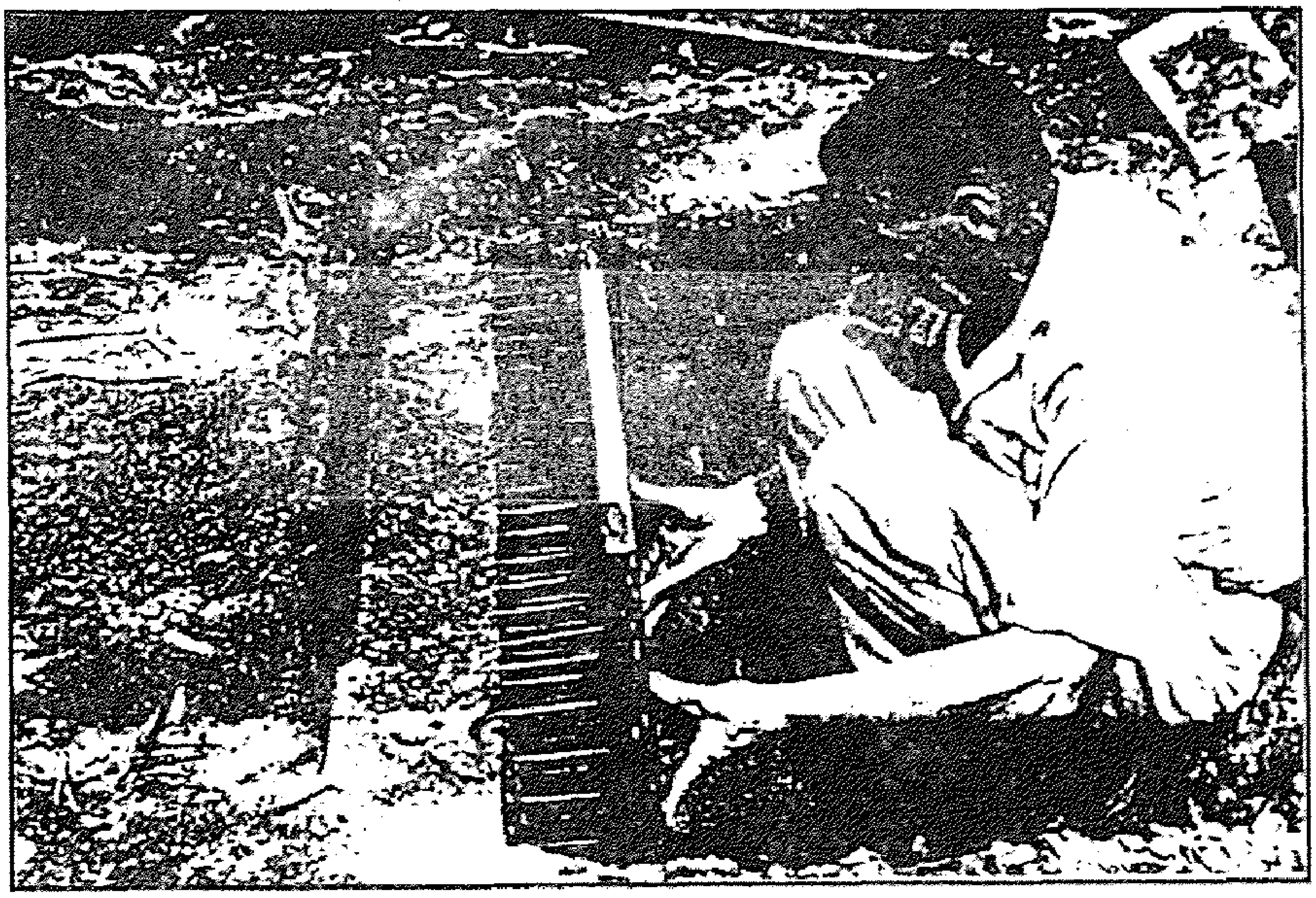
ب - 1-2 -5 - طريقة لوحة الأبر أو المسامير Needleboard method

تعتبر من الطرق الشائع إستخدامها فى دراسة المجموع الجذرى فى عديد من المحاصيل والتى تجمع بين إمكانية الدراسة المورفولوجية وتصوير المجموع الجذرى إلى جانب الدراسة الكمية.

وفى هذه الطريقة تؤخذ عينة التربة بالجذور بإستخدام لوحة خشبية مثبت بها أبر أو مسامير تساعد على الاحتفاظ بالجذور بوضعها الطبيعى، بينما يتم التخلص من التربة بالنقع والغسيل. حيث يمكن دراسة وتصوير المجموع الجذرى بالكامل أو تقسيمه لإجراء التقديرات الكمية.

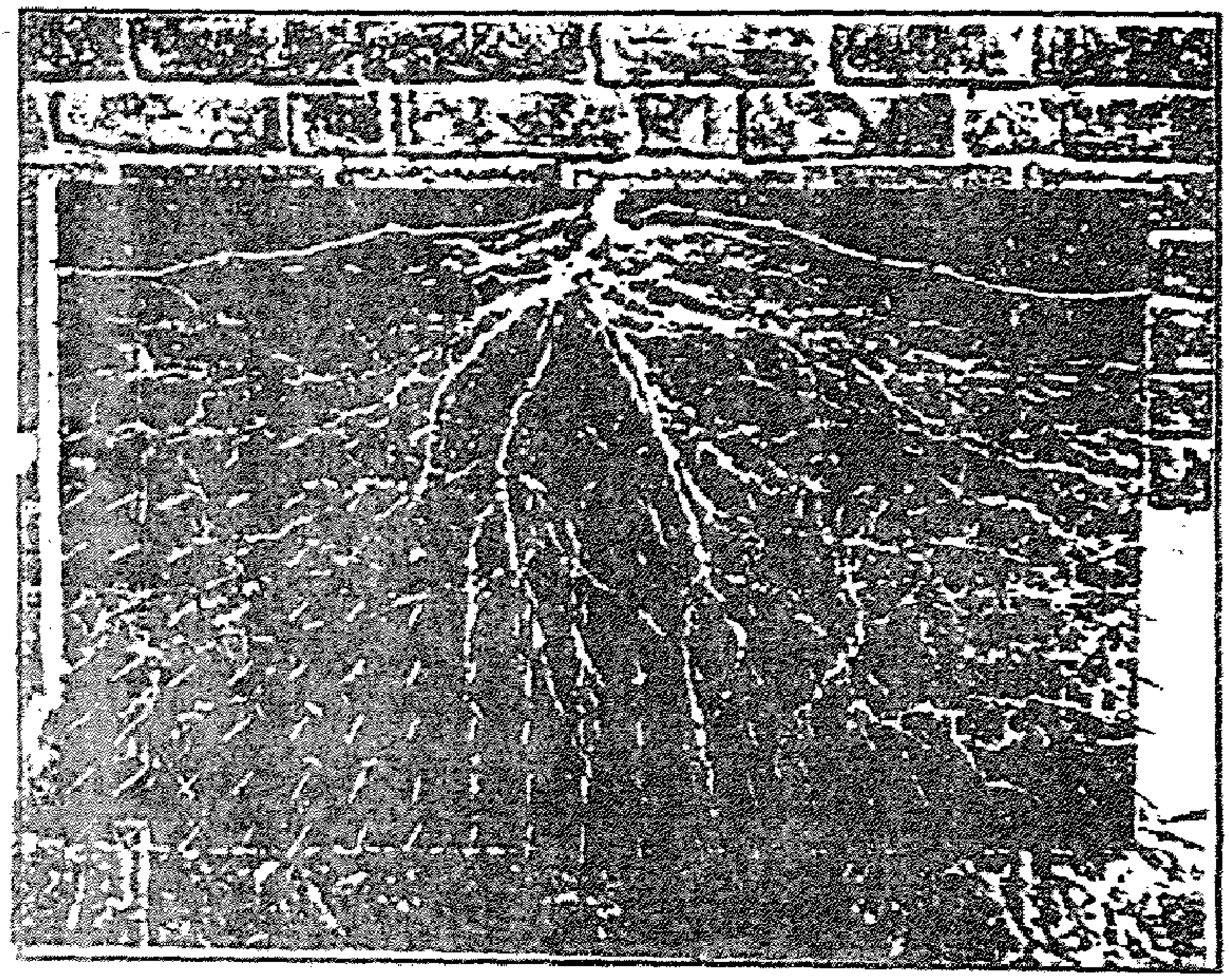
طريقة الإجراء:

تستخدم لوحات حجم 50 x 50 سم، مثبت عليها أبر بطول 5 سم على مسافة 5 سم بين الأبرة والأخرى، وهى الشائع إستخدامها. وفى حالة العينات الأكبر حجماً، تستخدم لوحات بحجم 60 x 100 سم بإبر طول 20 سم وفى هذه الحالة يلزم ماكينة للحصول على العينة. وتلون الأبر باللون الأسود لعمل خلفية مختلفة Contrast أثناء تصوير المجموع الجذرى. وعموماً، يجرى عمل حفرة بطول وعرض متر على الأقل، وتدفع لوحة الأبر إلى جدار القطاع (شكل 1 - 40) وتضغط بواسطة عامل أو بإستخدام مطرقة حتى دخول الأبر بالكامل داخل القطاع مع سند اللوحة وتثبيتها بلوح خشبى سميك. ويجرى قطع التربة يمين ويسار اللوحة وعند القاعدة بواسطة جاروف أو سكين، كما يمكن قطع القاعدة بلوح صلب يدفع إلى الجدار (De Roo, 1957) يساعد أيضاً فى تثبيت المونوليث خاصة فى الأراضى الرملية والمفككة. ويمكن الاستعانة بأطار خشبى أو معدنى للحفاظ على كتلة التربة، يركب على المونوليث لحماية القطاع وأحياناً يوضع لوح من الصلب داخل القطاع لنفس الغرض.



شكل (1 - 40): دفع لوحة الأبر (المسامير) إلى جدار القطاع بوضع لوح معدني (الموجود إلي اليسار) إلي داخل المكان قبل الحصول علي المونوليث (De Roo, 1957).

بعد ذلك يتم نقـل المونوليث (عمـود التربة بالجذور) وغسـلـه فى خزانات مناسبة 2 - 3 مرات مع إستعمال رشاش يدوى مناسب للتخلص من التربة (شكل 1 - 41). وقد أقترح Schuurman and Goedewaagen (1971) أنه فى حـالة الأراضى الطينيـة يمكن تسهيل عملية الغسيل وتقليل فقد الجذور بتجفيف المونوليث على 100°م ثم نقعه فى محلول من بيروفوسفات الصوديوم لتفكيكه ثم الغسيل وإجراء التقديرات وأخذ القياسات المختلفة.



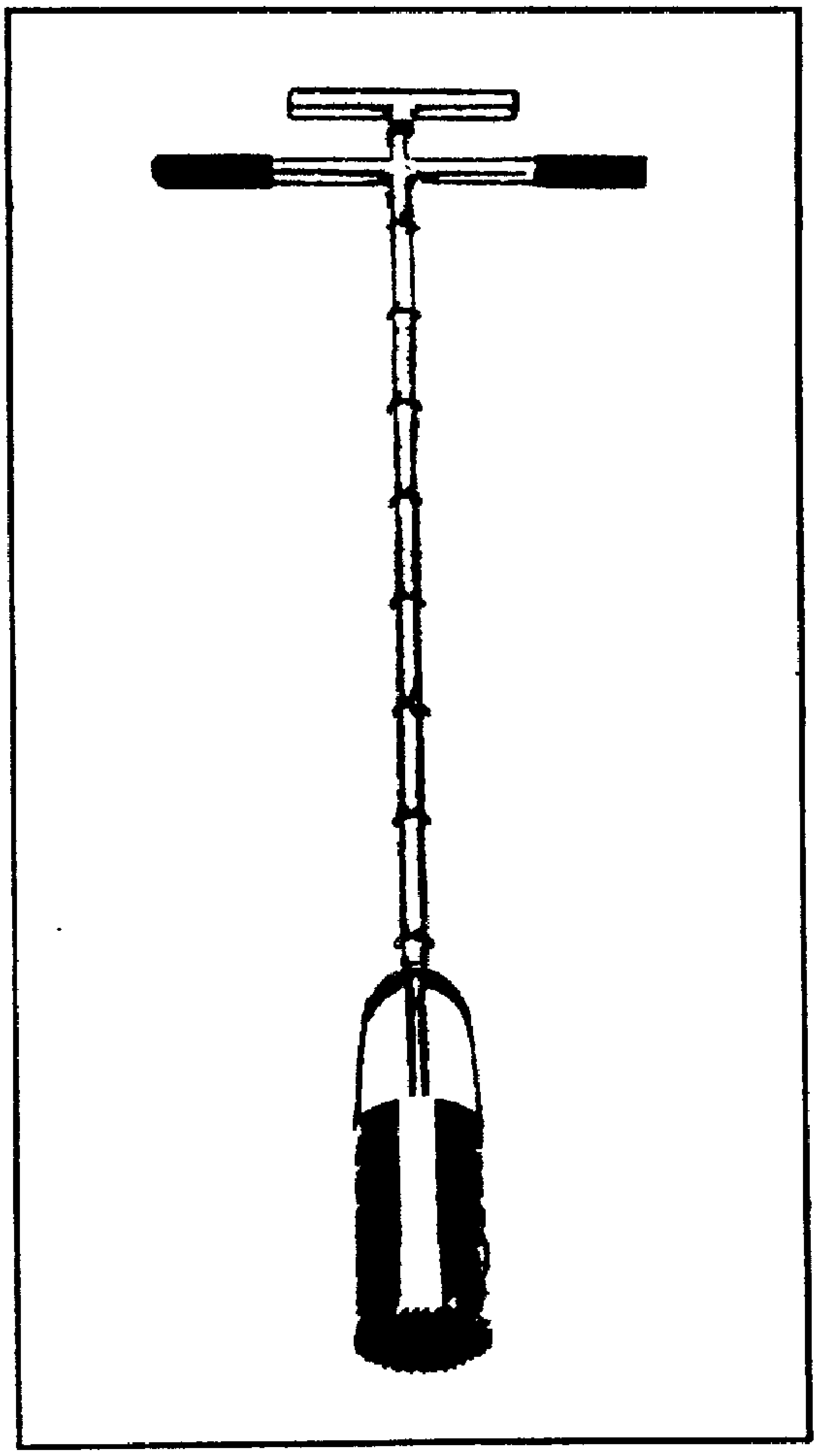
شكل (1 - 41): المجموع الجذري لنبات الدخان الصغير المتحصل عليه بواسطة لوحة الأبر (المسامير) (De Roo, 1961).

ب - 2 - طريقة الاوجر Auger method

يستخدم الاوجر فى التجارب الحقلية والدراسات التجريبية ذات الطابع الخاص. ويوجد منه نوعين؛ الأول يستخدم فى أخذ العينات من الأراضى الثقيلة ويتم دفعه إلى التـربة عن طريق الدق بمطرقـة، والثـانى مناسب للأراضى الخـفيـفـة وهو أيضـاً يصلح للأراضى الثقيلة وقد طورهما Goedewaagen عام (1948).

ويتكون كلا الطرازين من إنبوبة أسطوانية قطرها 7 سم وأرتفاعها 15 سم فى موديل

الأراضى الخفيفة و 25 سم فى موديل الأراضى الثقيلة وصل إلى 50 سم فى الموديلات الأكثر تطوراً. ومثبت فوق الأنبوبة ساق يصل طوا لها إلى 1 متر يمكن بها رفع العينة من عمق 1 متر. ويوجد على الجانب الخارجى للأنبوبة وعلى الساق علامات متتالية على مسافة 10 سم.ويتصل بنهاية الساق يد على شكل حرف T، يتم بها لف الاوجر أثناء دفعه لتسهيل إختراق التربة وسحبه مرة أخرى بعد أخذ العينة. ويتصل بالساق عند القاعدة مكبس Pluger داخل إنبوبة الأسطوانة يستخدم لدفع عينة التربة بالجذور Core sample بعد الحصول عليها (شكل 1 - 42).



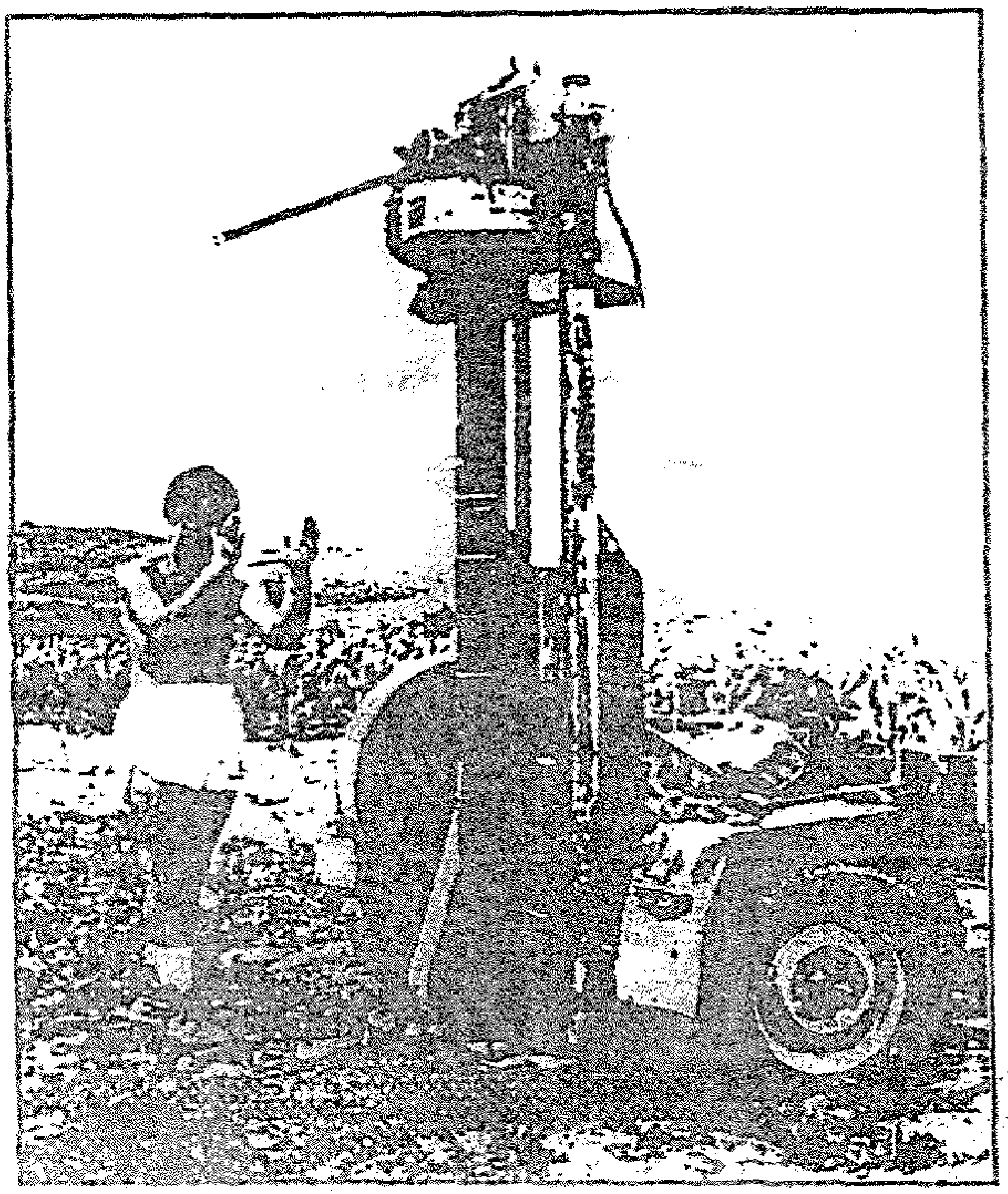
كل (1 - 42): طراز الاوجر اليدوي الهولندي للحصول علي عينة التربة با لجذور من عمق يصل إلى 1 متر

طريقة الإجراء:

1 - يتم أخذ العينة بقطع المجموع الخضرى للنبات بسكين حاد.

2 - يتم الحصول على قطاع التربة بالجذور عن طريق إختراق أسطوانة الاوجر المسننة فى المكان المناسب لأخذ العينة بالضغط، أو بالدق بمطرقة مع لف اليد لتسهيل الوصول إلى العمق المطلوب لأخذ العينة عند الـ 10 سم الأولى، ثم يتم سحب الأسطوانة بعينة التربة والجذور مع تدوير اليد ثانية عدة مرات. وعن طريق المكبس يتم دفع عمود التربة بالجذور عن الأسطوانة.

3 - تكرر هذه العملية لأخذ عينات أخرى من الأعماق التالية والذى تحدده علامات الاوجر. ويفضل فى الأراضى الطينية أن تكون الأرض مبللة بالماء. هذا وقد تستخدم ماكينة أخذ العينة (شكل 1 - 43) حيث يصل قطر عينة التربة بالجذور فى هذه الحالة إلى 10 سم.



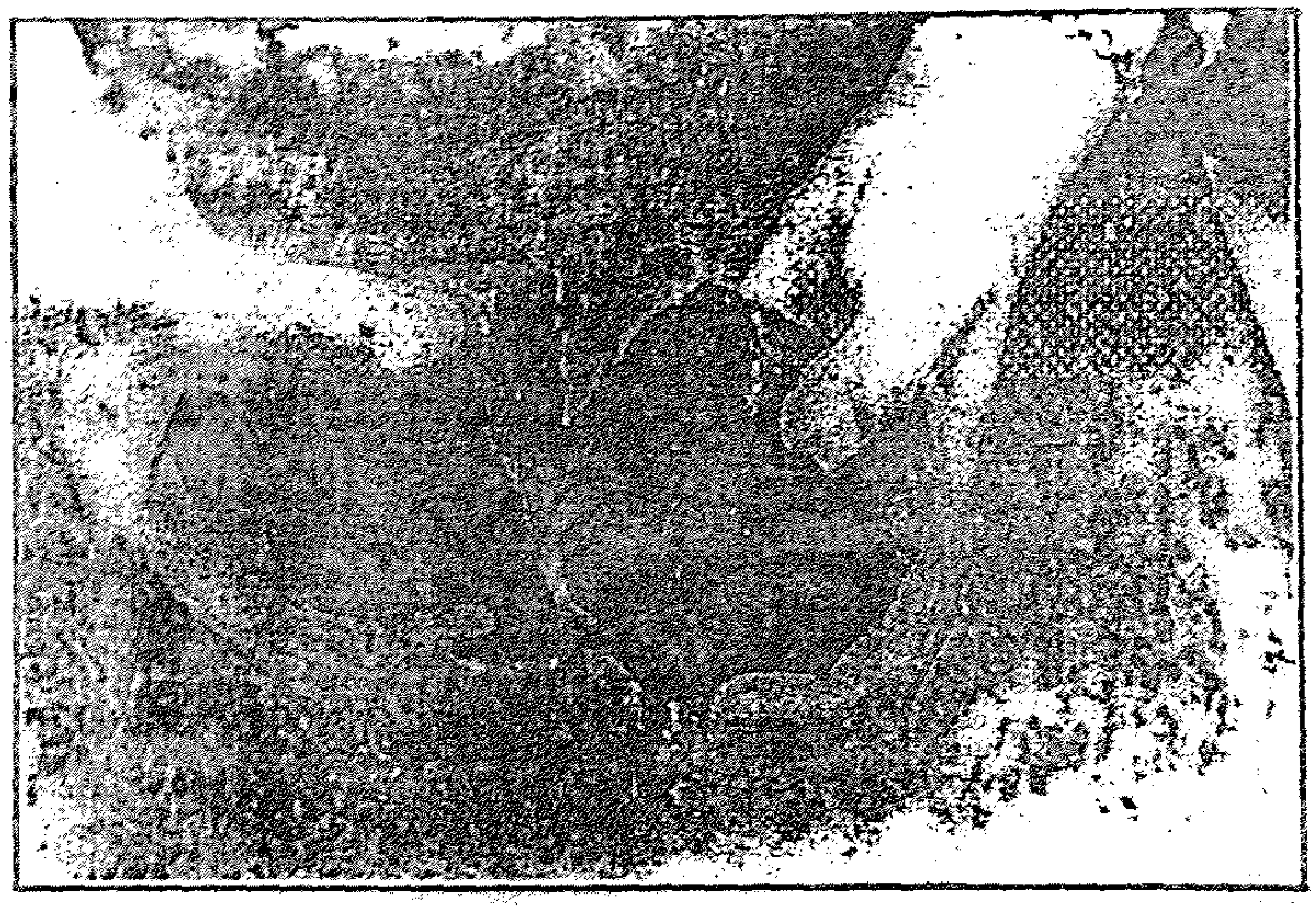
شكل (1 - 43): ماكينة كيلي لأخذ عينة التربة بالجذور

4 – يؤخذ عمود التربة بالجـذور ويقسم إلى طبـقـات بأطوال 5 سم أو 10 سم (شكل 1 - 44) ويجرى تقدير عدد وقطر الجذور فى الطبقات المختلفة ليعطى دلالة عن كثافة الجذور فى قطاع التربة (شكل 1 - 45).



شكل (1 - 44): عملية تقسيم عمود التربة بالجذور المتحصل عليه بماكينة Kelley إلى عينات أقل Subsamples بواسطة السكين

ولتقدير وزن الجذور، يجرى فصل الجذور بنقع عينة التربة فى الماء لفترة مناسبة مع إستخدام مصافى ذات ثقوب بحجم يختلف من 0.2 - 2 م^2 حسب نوع الجذور. ففى حالة الجذور الدقيقة تستخدم مصافى حجم ثقوبها 0.2 م^2 ألا أنه فى أغلب الدراسات تستخدم مصافى قطر ثقوبها 0.5 م^2. ثم تجفف هوائياً ثم فى فرن على 60 - 70°م ويقدر الوزن الجاف للجذور كما يقدر حجم الجذور ومسطح الجذور.



شكل (1 - 45): عد الجذور على سطحي مقطع من عينة التربة بالجذور بطول 10 سم

ويفيد إستخدام الاوجر فى أخذ أكثر من عينة فى التجارب ذات المكررات ومن ثم إمكانية إجراء التحليل الإحصائى للبيانات.

ولمزيد من المعلومات عن تقديرات وقياسات المجموع الجذرى يمكن الرجوع إلى **(Böhm, 1979)**

2- طرق تقدير وقياس خصائص المجموع الخضري:

قياسات صفات الورقة Leaf characters measurements

تعتبر صفات الورقة مثل مساحة الورقة ووجود الايبكيوتيكل الشمعى وحجم العرش وزاوية الورقة ودرجة إنعكاسها للأشعة من المعايير الانتخابية البسيطة والتى يمكن تحديدها بسهولة فى الحكم على مقاومة التراكيب الوراثية للجفاف، ويمكن قياس هذه الصفات بالطرق الآتية

- تقاس مساحة السطح الورقى Leaf area بجهاز Areameter أو البلانيميتر أو بتقدير وزن وحدة المساحة أو بعدد المربعات المغطاة أو عن طريق معادلات رياضية كما هو موضح بجدول (1 - 18).

جدول (1 - 18): بعض المعادلات الرياضية المستعملة في تقدير

مساحة السطح الورقي في بعض محاصيل الحقل

المحصـول	مساحة السطح الورقي
القمح	(طول الورقة × أقصى عرض) × 0.72
الذرة الشامية	(طول الورقة × أقصى عرض) × 0.75
الذرة الرفيعة	(طول الورقة × أقصى عرض) × 0.747
الأرز	(طول الورقة × عرضها) × 0.802
القطن	(طول الورقة × عرضها) × 0.77
القرطم	(طول الورقة × عرضها)
الفول	(طول الوريقة × عرضها) 0.583 + 0.624
فول الصويا	(طول الوريقة × عرضها) 6.532 + 2.045

(عن: حسانين، 1993).

1 - المساحة النوعية للورقة Specific leaf area

تعبر المساحة النوعية للورقة عن النسبة بين مساحة الورقة بالسم^2 إلى وزنها الجاف بالملجم. وترتبط هذه الصفة بمعدل التمثيل الضوئى تحت ظروف الإجهاد :

$$\text{المساحة النوعية للورقة} = \frac{\text{مساحة الورقة}}{\text{الوزن الجاف للورقة}} \quad (\text{سم}^2/\text{ مجم})$$

2 - الوزن النوعـي للورقـة Specific leaf weight

ويعبر عن الوزن الجاف لوحدة المساحة من الورقة مجم/ سم^2. وهى تعكس سمك الورقة فيزداد السمك كلما زادت القيمة. وترتبط بمعدل التمثيل الضوئى فى بعض محاصيل الحقل مثل الأرز ولذا تستخدم كمؤشر إنتخابى لتحسين المحصول.

$$\text{الوزن النوعى للورقة} = \frac{\text{وزن الورقة}}{\text{مساحة الورقة}} \quad (\text{مجم}/\text{ سم}^2)$$

3- دليل مساحة الورقة Leaf area index

يعرف دليل مساحة الورقة بإنه مساحة المسطح الورقى بالنسبة لوحدة المساحة من الأرض التى يشغلها النبات ويرمز له بالرمز (LAI) ويقدر بالمعادلة الآتية :

$$\text{دليل مساحة الورقة LAI} = \frac{\text{مساحة السطح الورقى للنبات}}{\text{مساحة الأرض التى يشغلها النبات}}$$

ويعنى قيمة دليل مساحة الأوراق 2 مثلاً، أن سطح الأوراق يغطى ضعف مساحة الأرض التى يشغلها النبات. وهناك دليل أمثل لكل محصول، ففى القمح يكون 3 وفى الأرز يكون 4 وفى الذرة الشامية يكون أمثل دليل هو 6.

4 - نسبة وزن الأوراق إلي وزن النبات Leaf weight ratio

تعبر هذه النسبة عن كفاءة النبات فى تكوين الأوراق. وتتأثر بالتركيب الـ.ـاثى للأصناف والأنواع وكذا بالظروف البيئية التى يعيش فيها النبات.

$$\text{نسبة وزن الأوراق} = \frac{\text{الوزن الجاف للأوراق}}{\text{الوزن الجاف للنبات}}$$

5 - زاوية الورقة Leaf angle

تعتبر زاوية الورقة التى تأخذ وضعاً مائلاً للانتصاب (قائم) بزاوية (< 60° من السطح الأفقى) ذات أهمية فى زيادة كفاءة التمثيل الضوئى تحت ظروف الشد الرطوبى وتقدر بالأدوات الهندسية.

6 - الابيكيوتيكل الشمعي Epicuticular waxiness

يقاس ترسيب الشمع على الكيوتيكل بمجرد النظر باعطاء نسب مئوية من صفر – 100 ٪.

حيث: صفر: عدم وجود طبقة شمعية.

100 : تغطية الورقة بالكامل بالطبقة الشمعية.

(عن، Nayeem and Nerkar, 1988)

كما يقدر الايبكيوتيكل الشمعى بطريقة القياسات اللونية Clorimetric method وهى من الطرق الدقيقة والسريعة (Ebercon *et al.,* 1977). كما تقدر بطريقة Gravimetric method، إلا أنها من الطرق البطيئة (Blum, 1979).

7- درجة إنعكاس الورقة للأشعة Leaf reflectance

تعتبر مؤشراً لتكيف جيرمبلازم المحاصيل مع ظروف الجفاف. فعلى سبيل المثال تعكس أوراق أصناف محاصيل الحبوب المتأقلمة مع ظروف البيئات الجافة الضوء بمعدل أعلى (**Chatterton *et al.,* 1975**). ويقاس الاشعاع الشمسى الكلى الساقط على عرش النبات بواسطة جهاز Tube solarimeter. (**Mendham *et al.,* 1981**)

وتقدر نسبة الانعكاس Percent reflection من المعادلة :

$$\text{نسبة إنعكاس الأشعة} = \frac{\text{الطاقة الشمسية المعكوسة}}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة}} \times ١٠٠$$

ثالثاً: التقديرات الفسيولوجية Physiological assessments

1- نسبة الإنبات Germination percentage

يهدف إجراء هذا الإختبار إلى تحديد النسبة المئوية للإنبات على أساس عدد البادرات الطبيعية لبذور السلالة أو الصنف. وذلك بإستخدام ورق الإنبات أو النشافات الورقية الملفوفة عمودياً أو الرمل، وفى بعض الأحوال التربة كمهاد للإنبات وتعتبر النسبة العالية مدلول لقدرة التركيب الوراثى على تحمل ظروف الاجهاد.

$$\text{النسبة المئوية للإنبات} = \frac{\text{عدد البادرات الطبيعية المتكشفة}}{\text{عدد البذور المنزرعة}} \times ١٠٠$$

2- معدل نمو الأعضاء النباتية Growth rate of plant organs

حيث يتم تقدير الوزن الجاف للنبات ككل أو لإعضائه المختلفة ثم يقدر معدل النمو

النسبى وهو عبارة عن قيمة الزيادة فى المادة الجافة للنبات فى فترة زمنية بالنسبة للوزن فى بداية هذه الفترة.

$$\text{معدل النمو النسبى} = \frac{\text{لو}_{\text{هـ}}\ \text{و}_2 - \text{لو}_{\text{هـ}}\ \text{و}_1}{\text{ز}_2 - \text{ز}_1}$$

حيث أن :

و_1 = الوزن الكلى للنبات فى بداية الفترة ز_1.

و_2 = الوزن الكلى للنبات فى نهاية الفترة ز_2.

$\text{لو}_{\text{هـ}}$ = لوغاريتم ناباريان = 2.303 × لو_{10}.

3- التفاف الأوراق Leaf rolling

تعتبر إحدى ميكانيكيات تجنب الجفاف، ومن الأعراض المرئية المميزة للإجهاد الرطوبى. ويبدو أن هذا العرض مرتبطاً بالخصائص الفسيولوچية والبيوكيماوية فى المحاصيل الحقلية المختلفة.

- ويقدر إلتفاف الأوراق فى الأرز طبقاً لنظام التقييم القياسى SES على مقياس من 1 - 9 **(IRRI, 1996)**. وقد أفاد فى تقييم 2000 سلالة من الأرز ووصفت سلالات الأرز التى حدث بها التفاف مبكر للأوراق بعد الحرمان من الرى بأنها فقيرة (حساسة) للجفاف، فى حين دل تأخر التفاف الأوراق فى سلالات أخرى عند نقص المحتوى الرطوبى للتربة على بقاء الخلايا ممتلئة تحت هذه الظروف.

(O'Toole and Chang, 1979 and Ramakrishnayya *et al.*, 2003)

- وقيس إلتفاف الأوراق فى الذرة الشامية على مقياس من 1 إلى 5.

حيث: 1 : الأوراق غير ملتفة Unrolled.

5: التفاف كامل للأوراق Tightly rolled. **(Al - Naggar *et al.*, 2004 a)**

4- درجة حرارة الورقة Leaf temperature

يفيد قياس درجة حرارة العرش النباتى فى برامج غربلة السلالات لتحمل الجفاف. حيث تتميز الطرز المتحملة للجفاف بدرجة حرارة منخفضة للورقة، واستمرار عملية النتح. فقد سجل إرتباط سالب بين درجة حرارة الورقة والمحصول فى فول الصويا والقمح والقطن والبرسيم الحجازى والذرة الشامية.

ويعتمد قياس درجة حرارة الورقة على أخذ صور فوتوغرافية بالأشعة تحت الحمراء لحقل برنامج التربية على إرتفاع 200 - 300متر. ويجرى تحليل كثافة اللون، وبناءً على ذلك، تقسم التراكيب الوراثية إلى عالية ومنخفضة فى الجهد المائى Water potential.

(Blum, 1979)

– كما يستخدم «ترمومتر» يعتمد عمله على الأشعة تحت الحمراء كأداة لقياس درجة حرارة العرش النباتى وغربلة مواد التربية.. وتمتاز هذه الطريقة بالسرعة والدقة وتجنب الأخطاء التى تحدث نتيجة التغيرات فى حالة الثغر اليومية وظروف الطقس (عن: Singh, 2001).

5- كثافة الثغور Stomatal frequancy

يعتبر تقدير كثافة الثغور ومقاومتها لفقد الماء خلال فترات الإجهاد الرطوبى ذو أهمية ومقاومة الجفاف. وتتباين أصناف المحاصيل المنزرعة فى سمات الجهاز الثغرى. ويمكن تقدير عدد الثغور Stomatal frequency بأكثر من طريقة :

أولاً: طريقة Xantopren methed: (Stino, 1971)

1– تستخدم مادة Xantopren أو مادة Coltex وهى معجون يوضع على ورقة النبات لكى يأخذ بصمة Negative من على ورقة النبات تصور كل الخلايا الثغرية وخلايا البشرة الخارجية.

2– فى المعمل، يتم أخذ بصمة Positive لفحصها من على بصمة الـ Xantopren أو Coltex وذلك بوضع فيلم من الأستيون على قطعة Xantopren أو Coltex ثم وضعها بعد أن تجف على شريحة زجاجية.

3- تفحص الشريحة تحت الميكروسكوب على القوة 10 لحساب عدد الثغور على ورقة النبات فى مساحة معينة بالاستعانة بشريحة ميكرومترية. ويقدر عدد الثغور/ م^2 من الورقة

ثانياً: إستخدام جهاز Porometer في دراسة سلوك الثغر.

وتعتبر هذه الطريقة أكثر قبولاً حيث تتميز بالسهولة والسرعة ودقة التحديد، وهذا الجهاز منه نوعين :

الأول: Viscous flow porometer ويقيس معدل تدفق وإنسياب الهواء خلال الورقة. وهو يعطى معلومات عن حالة الثغر ودرجة التوصيل الثغرى.

والثاني: Diffusive flow porometer ويقيس معدل إنتشار بخار الماء الخارج من الورقة (النتح) **(Hurd, 1974)** ويعطى معلومات عن تحكم الثغور فى عملية النتح والتمثيل الضوئى.

كما يستخدم جهاز Infrared thermometer والذى يعتمد على الأشعة تحت الحمراء لقياس حالة الماء فى الورقة ونشاط الثغر **(Ehrler *et al.*, 1978)** على أساس أن أوراق الصنف التى تقفل ثغورها تتميز بدرجة حرارة أعلى من تلك ذات الثغور المفتوحة نتيجة تأثير التبريد الراجع إلى فقد الماء بالنتح فى الحالة الأخيرة. وتمكن هذه الطريقة من أخذ 200 قياس/ ساعة على نباتات القمح بمعدل 10 قراءات/ صنف. وبذا يمكن تقييم 20 صنف/ ساعة **(Fischer *et al.*, 1977)**.

ثالثاً: يمكن دراسة سلوك الثغر بقياس مستويات حمض الابسيسيك ABA فى النبات والمؤثر على حالة الثغر. حيث سجلت زيادات فى محتوى الهرمون بأوراق الشعير والقمح والدخن وعديد من المحاصيل الأخرى **(Goldbach and Gooldbach, 1977, Quarrie and Jones, 1979 and Henson *et al.*, 1983)**.

6- محتوى الماء النسبي بالورقة Relative water content

يعد تقدير محتوى الماء النسبى للورقة من الخصائص الفسيولوجية المرتبطة بالمقاومة للجفاف. فتشير القيم المرتفعة لمحتوى الماء النسبى إلى أقلمة النبات للجفاف.

- يتم تقدير هذه الصفة بأخذ عينة من 30 قرص من أوراق نباتات التركيب الوراثى، مع تحديد موقع الورقة على النبات، فتستخدم مثلاً أحدث ورقة فى العينة الأولى ثم ورقة العلم فى العينة الأخرى وتتم هذه الطريقة فى الخطوات الآتية :

1- وزن أقراص الأوراق مباشراً بعد أخذها لتقدير الوزن الطازج FW.

2- وضع الأقراص في ماء مقطر لمدة 16 ساعة، ثم تؤخذ الأقراص ويجفف الماء من على أسطح الأقراص بورق نشاف (ورق ترشيح على سبيل المثال) ثم توزن الأقراص مباشرة (وزن إمتلاء TW).

3- تجمع الأقراص وتوضع فى أكياس وتجفف هوائياً ثم تجفف فى فرن على 70°م لمدة 72 ساعة وتوزن للحصول على الوزن الجاف DW.

4- يتم حساب محتوى الورقة النسبى من الماء بالمعادلة الآتية:

$$\text{محتوى الورقة النسبى من الماء \%} = \frac{\text{الوزن الطازج (FW) – الوزن الجاف (DW)}}{\text{وزن الإمتلاء (TW) – الوزن الجاف (DW)}} \times ١٠٠$$

(Barrs, 1968)

7- الضغط الاسموزي **Osmotic pressure**

يعتبر زيادة الضغط الاسموزى للخلايا النباتية نتيجة تراكم المواد العضوية الذائبة فى السيتوبلازم ذو أهمية فى تحمل الأغشية الخلوية لأضرار الجفاف فى المحاصيل المختلفة. وتتميز الأصناف ذات القدرة على التنظيم الاسموزى Osmoregulation باعطاء مستويات محصول أعلى من نظيرتها الأقل قدرة على الضبط الاسموزى.

ويجرى تقدير الضغط الاسموزى كما يلى :

1- تؤخذ أجزاء من أوراق النبات (يحدد موقع الأوراق على النبات) وتوضع فى كيس ثم تحفظ فى فريزر الثلاجة لمدة 24 ساعة لكى يتم تجميد العصير الخلوى داخل خلايا الورقة وبالتالى يسهل الحصول عليه.

2- يتم بعد ذلك عصر الأوراق التى تم حفظها للحصول على نقطة من العصير الخلوى.

3– تقاس المواد الصلبة الذائبة الكلية بالورقة (TSS) بواسطة الرفراكتوميتر.

4– بواسطة معادلات خاصة يتم الحصول على قيم مقابلة لـ TSS وهى تمثل قيمة الضغط الاسموزى للعصير الخلوى. (Gosav, 1960).

8- الجهد المائي للورقة والقدرة على الاحتفاظ بالماء:

Leaf water potential and it's retaining ability

تعتبر من الصفات البسيطة لتقدير الاختلافات المظهرية فى قدرة الأصناف على الاحتفاظ بالماء أثناء فترات الإجهاد.

– تقدر الصفة بأخذ عينات من أوراق النباتات ويسمح لها بالجفاف.

– يجرى وزن الأوراق فى المعمل بعد 24 و 48 ساعة من القطع.

– تعتبر الأصناف التى تجف أوراقها ببطء أكثر مقاومة للجفاف.

وتستخدم هذه الصفة كمعيار لمقاومة الإجهاد المائى فى المحاصيل الحقلية

– كما يمكن قياس الجهد المائى للنسيج النباتى بجهاز nocouple psychrometer والذى يستخدم فى غربلة عشائر الأجيال الانعزالية تحت الظروف الحقلية.

وقد سجلت فى بعض الحالات فروق بين القراءات المعملية والمشاهدات الحقلية (حيث تكون فى الحقل أعلى)، الأمر الذى يستوجب وزن الأوراق على فترات أقصر (6 - 10 ساعات) من القطع والتجفيف فى غرف محكمة على 20°م ورطوبة نسبيا 50٪. حيث تظهر الاختلافات بين الأصناف بوضوح عند إخضاعها للاجهاد المائى أثناء النمو.

9- دليل ثبات الكلوروفيل Chlorophyll stability index

يعتبر محتوى كلوروفيل الورقة دليلاً على إستدامة الخضرة وقدرة النبات على الاستمرار فى عملية التمثيل الضوئى والأنشطة الفسيولوجية الأخرى التى تمكن النبات من تحسين إمتلاء الحبوب تحت الظروف البيئية القاسية.

– يتم تقدير كلوروفيل أ و ب بطريقة الطيف اللونى Spectrophotometric طبقاً لـ (Faddeel, 1962).

– كما يستخدم جهاز قياس الكلوروفيل Chlorophyll meter لتقدير محتوى كلوروفيل الورقة فى المحاصيل الحقلية عند أى مرحلة من مراحل عمر النبات والذى يقيس قيم SPAD تحت الظروف الحقلية طبقاً لـ (Castelli *et al.*, 1996).

10- التمثيل الضوئي وعمليات الأيض الأخرى

Photosynthesis and other metabolic process

يعد معدل التمثيل أثناء وبعد الإجهاد المائى تعبير عن مقاومة أصناف المحاصيل للجفاف. إذ تعطى الأصناف المقاومة معدلات تمثيل ومحصول أعلى مقارنة بالأصناف الأقل فى معدل التمثيل الضوئى. لذا تعتبر هذه الصفة مؤشراً عند تقييم التراكيب الوراثية للمقاومة للجفاف.

– يقدر صافى معدل التمثيل من الورقة الثالثة إلى ورقة العلم فى القمح على مدار موسم النمو لكل صنف كدليل للمحصول. حيث سجل ارتباط موجب وعالى المعنوية (0.80 - 0.90) بين قياسات صافى التمثيل لورقة العلم ومحصول الحبوب (Kaul, 1974). وتستخدم عدة أجهزة لقياس معدل التمثيل الضوئى منها :

جهاز - Portable non - destrictive photosynthesis analyzer
Portable infrared gas analyzer - Photosynthetic analyzer.

(Singh, 2001 and Mohamed, 2003)

11- معدل النتح Transpiration rate

يتجه معدل النتح فى الأصناف المتحملة للجفاف إلى التناقص مع زيادة الإجهاد الرطوبى للتربة. فتشير معدلات النتح المنخفضة إلى قدرة الصنف على الأقلمة وتحمل الجفاف، فى حين تشير القيم المرتفعة للنتح إلى حساسية الصنف للجفاف.

– يتم تقدير معدل النتح (مجم ماء/ جم وزن غصن من الورقة/ الساعة) بطريقة الوزن السريع (Stocker, 1956 and Gosav, 1960) فى الخطوات الآتية :

1– فى الحقل، يتم قطع ورقة النبات كاملة. وتغطية مكان القطع بمادة الفازلين Vaselene للتحكم فى خروج الماء من الورقة من الفتحات الطبيعية فقط.

2– يتم وزن الورقة مباشرةً على ميزان حساس (يفضل ميزان 4 أرقام عشرية) (أ).

3– يتم تعليق الورقة تعليق حر فى نفس بيئة وجود النبات لمدة 5 دقائق.

4– بعد ذلك توزن الورقة مرة أخرى ويسجل الوزن الثانى (ب).

5– فرق الوزن بين أ، ب هو كمية الماء التى فقدت خلال هذه الفترة عن طريق الفتحات الطبيعية للورقة.

6– تنسب هذه الكمية من الماء بالملليجرام لكل وزن من الورقة فى الساعة لحساب كمية النتح خلال هذه الفترة.

12- غضاضة الورقة Leaf succulence

يعتبر مخزون الماء فى الجدر الخلوية لأوراق النبات من الخصائص الهامة فى تأجيل جفاف الأنسجة عند تعرض النبات لتناقص رطوبة التربة. فتتميز سلالات وأصناف المحاصيل ذات الجدر الخلوية السميكة والتى تختزن كميات من الماء بإن نباتاتها أقدر على تحمل ظروف الجفاف. وتقاس غضاضة الورقة على نفس الورقة التى تم حساب معدل النتخ عليها، بحساب مساحتها وعن طريق فرق وزن الورقة (أ – ب) وقسمتها على المساحة، تنتج قيمة تمثل غضاضة الورقة (بالجم/ الديسيمتر)، والتى كلما زادت دلت على زيادة غضاضة الورقة.

التقديرات الكيموحيوية Biochemical assessments

1 - محتوى البرولين Proline content

وجدت إختلافات جوهرية فى محتوى الأصناف من البرولين وسرعة تراكمه عقب التعرض لظروف الجفاف الأمر الذى حذا بمربى النبات إلى إعتباره مؤشراً للإجهاد الرطوبى ويتم تقديره كالآتى :

Reagents used **المواد المستخدمة**

1- Acid - ninhydrin.

2- Glacial acetic acid.

3- Phosphoric acid.

4- Salphosalsilic acid.

5- Toluen.

• **تحضير Acid - ninhydrin**

1.25 جم من النهيدرين + 30 مل حمض الخليك الثلجى + 20 مل من حمض الفوسفوريك 6 عيارى (يحضر بـ 10 مل فوسفوريك + 10 مل ماء مقطر) وذلك قبل 24 ساعة من التحليل طبقاً لـ (Bates *et al.*, 1973)

• **طريقة العمل:**

1- يقطع $^1/_2$ جم من أوراق النبات تقطيع جيد عند أخذ العينة وتوضع فى أوانى زجاجية.

2- يوضع عليها 10 مل من حمض السلفوسلسليك 3% لمدة $^1/_2$ ساعة حتى يتغير لون الأوراق من الأخضر إلى الأصفر.

3- يتم نقل العينة كمياً إلى هون ثم يمزج الخليط ويطحن جيداً.

4- يتم ترشيح الخليط المطحون فى أقماع على ورق ترشيح ويستقبل الراشح فى أنابيب إختبار.

5- يؤخذ 2 مل من الراشح الناتج ويضاف له 2 مل من حمض النهيدرين السابق تحضيره وأيضاً 2 مل من حمض الخليك الثلجى فى إنبوبة إختبار.

6- يتم وضع المخلوط فى حمام مائى على 100°م لمدة ساعة حتى تظهر علامات إحمرار على المخلوط

7- تترك الأنابيب حتى تبرد أو تبرد فى حمام ثلجى

8- يوضع فى إنبوبة الاختبار التى بهـا المخلـوط 4 مل من التولوين وترج جيـداً حتى ملاحظة إنتقال اللون الأحمر إلى منفصل التلوين الذى لا يمتزج مع باقى مخلوط الأنبوبة.

9- يتم سحب المنفصل من التولوين وبه البرولين وقياس ذلك على جهاز الطيف اللونى Specterophotemeter على درجة 520 نانوميتر.

10- يتم حساب محتوى البرولين فى أوراق النبات على أساس ميكرومول برولين لكل جرام وزن طازج بعد التعويض فى المنحنى القياسى Standared curve فى المعادلة الآتية :

[(µg proline/ ml of filtiration × ml toluene)/ 115.5 µg/ µmole]

/{g Sample/ 5} = µ moles proline / g of fresh weight material

ميكرومول برولين/ جم وزن غض من العينة = [(ميكروجرام برولين/ مل من الراشح × مل تولوين)/ 115.5 ميكروجرام/ ميكرومول] / [جم من العينة)/ 5].

2- إقتفاء أثر الكربوهيدرات غير التركيبية المخزنة في الساق :

Detection of stem reserve mobilization

لقد تأكد وجود إختلافات جوهرية بين الأصناف فى قدرتها على الاستفادة من الكربوهيدرات المخزنة فى الساق وتحريرها أثناء الإجهاد الرطوبى المتأخر لتدعيم فترة إمتلاء الحبوب.

- يتم كشف قدرة الأصناف على الاستفادة من الكربوهيدرات المخزنة بالساق بالتجفيف الكيماوى للمسطح الأخضر برشه بكلورات الصوديوم أو كلورات الماغنسيوم (2٪ وزن حجم) بعد 14 يوم من التزهير، عند بدء إمتلاء الحبوب. حيث يتحرك مخزون الساق للمساهمة فى ملئ الحبوب، وقد أمكن إثباته بنظير الكربون المعلم ^{13}C أو النيتروچين المعلم ^{15}N. ثم تجرى المفاضلة بين التراكيب الوراثية على أساس المحصول.

(Blum *et al.*, 1983 a and 1983 b and Palta *et al.*, 1994)

التقدير الحقلي بمجرد النظر Visual :

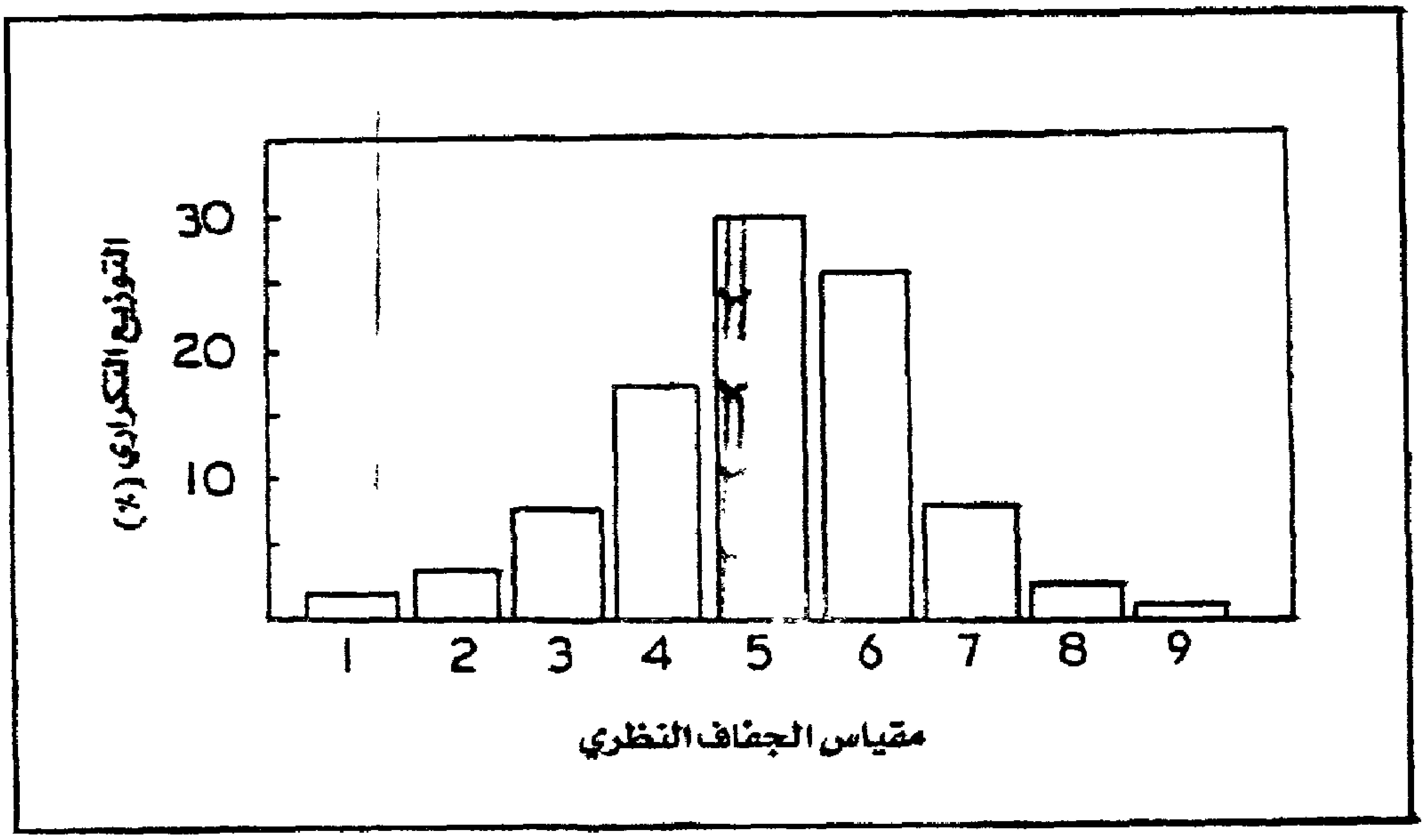
يمكن تقدير مدى مقاومة نباتات المحاصيل لظروف الجفاف في الحقل كالآتي :

1- استخدام مقياس نظرى من 1 - 9 (IRRI, 1977 and Gupta, 1997)، حيث :

1 : لا توجد أى أعراض مرئية لتأثير الجفاف.

9 : جميع النباتات ميتة.

وبين 1 - 9 تتفاوت التراكيب الوراثية فى مقاومتها للجفاف ويوضح شكل (1 - 46) التوزيع التكرارى لـ 1829 سلالة من الأرز تحت ظروف إجهاد رطوبى شديد (- 9 إلى - 10 بار). حيث سجلت 109 سلالة الدرجة 4 أو أقل، وسجل صنفا المقارنة Salumpikit و IR 442 - 2 - 58 الدرجة 5.



شكل (1 - 46): التوزيع التكراري لـ 1829 سلالة من الأرز لتحمل الجفاف

يشير مقياس الجفاف 1 : إلى عدم وجود أعراض مرئية للجفاف أو ظهور بعض الأعراض الخفيفة.

9 : جميع النباتات ميتة. (IRRI, 1977).

2 - صفة استدامة الخضرة (البقاء أخضر) **Stay green (Green longivity)**

تقاس فى الذرة الشامية بمجرد النظر على مقياس من صفر – 10 على عينة نباتية عند عمر 100 أو 115 يوم من التكشف حيث:

صفر: الأوراق خضراء بالكامل Complete stay green.

10 : مـوت الأوراق بالكـامل Complete leaf death . **(Walulu *et al.*, 1994)**

كما تقاس صفة البقاء أخضر فى أوراق الذرة الرفيعة بمجرد النظر على مقياس من صفر – 5 عند 50٪ تزهير على النحو التالى :

1 : الورقة خضراء بالكامل.

3 : 50٪ من مساحة الأوراق ميت.

5 : كل الأوراق أو النباتات ميت. (عن: **Mostafa, 2001 b**).

تقدير المحصول وقياسات تحمل الجفاف :

Yield and drought tolerance measurements

تتخذ مستويات محصول الأصناف تحت ظروف الجفاف معياراً أساسياً لمقاومة الجفاف فى المحاصيل الحقلية. ويتم هذا التقدير تحت ظروف الحقل والصوبة.

ويتطلب تقييم أداء الأصناف تصميم تجارب فى مكررات وتقدير المحصول تحت ظروف الرى العـادى Yield Potential (Y_p) وكـذلك تحت ظروف الجـفـاف Yield stress (Y_S) وبناءً على ذلك يمكن تقدير مقاييس تحمل الجفاف الكمية كالآتى :

1- دليل الحساسية للجفاف **Drought sensitivity index «DSI»**

لقد تمكن **Fischer and Wood (1979)** من توضيح أهمية تطبيق معادلة دليل الحساسية للجفاف «DSI» على محصول الحبوب لتحديد أصناف القمح الحساسة والأخرى المتحملة لظروف إجهاد الجفاف وقد كانت المعادلة كما يلى :

$$DSI = \{1 - (Y_d / Y_p)\} / SI$$

$$SI = \{1 - \bar{Y}_d / \bar{Y}_p\}$$

حيث أن :

Y_d = محصول حبوب الصنف تحت ظروف الجفاف.

Y_p = محصول حبوب الصنف تحت ظروف الرى الطبيعى.

$\bar{Y}_d$ = متوسط محصول حبوب جميع الأصناف تحت ظروف الجفاف.

$\bar{Y}_p$ = متوسط محصول حبوب جميع الأصناف تحت ظروف الرى الطبيعى.

وعندما تقل قيمة «DSI» يكون ذلك دليلاً على تحمل الصنف للجفاف، وعندما تزيد قيمة «DSI» يكون ذلك دليلاً على حساسية الصنف للجفاف.

2- مقياس «تحمل الجفاف»: (DT)

$$\text{Drought tolerance} = \frac{Yd}{Yp}$$

حيث :

Y_d : المحصول تحت ظروف الجفاف.

Y_p : المحصول تحت ظروف الرى العادى.

(Fereres *et al.*, 1986 and Saulescu *et al.*, 1995)

3- دليل التحمل TOL

$$\text{Tolerance index} = Y_p - Y_d$$

ويقدر متوسط الإنتاجية Mean productivity (MP) على أساس محصول القطعة التجريبية.

$$MP = (Y_p + Y_d)/ 2$$

(Rosielle and Hambling, 1981)

4- متوسط الإنتاجية الهندسي Geometric mean productivity (GMP)

$$GMP = \sqrt{(Y_p)\,(Y_d)}$$

(Fernandez, 1992 and Kristin *et al.*, 1997)

5- دليل تحمل الجفاف **Drought tolerance index (DTI)**

$$DTI = (Y_p/ \bar{Y}_p)\ (Y_d/ \bar{Y}_d)\ (\bar{Y}_d/ \bar{Y}_p)$$

$$= (Y_p)\ (Y_d)/ (\bar{Y}_p)^2$$

(Fernandez, 1992)

6- نسبة النقص في المحصول **Yield reduction ratio (YR)**

$$YR = 1 - (Y_d/ Y_p)$$

(Golestani - Araghi and Assad, 1998)

وقد أقترح **Blum** وآخرون **(1983 b)** تقدير النسبة المئوية لضرر المحصول من المعادلة الآتية :

$$\text{Yield injury } \% = (Y_p - Y_d)/ Y_p \times 100$$

7- الأداء النسبي **Relative performance (P)**

$$P = (Y_d/ Y_p)/ R \quad \text{and}$$

$$R = (\bar{Y}_d/ \bar{Y}_p)$$

(Abo - Elwafa and Bakheit, 1999)

8- مقياس التفوق أو المحصول النسبي **Superiority measure or relative yield**

$$(RY) = Y_d/ Y_p$$

حيث :

Y_d : محصول تركيب وراثى معين تحت ظروف الإجهاد الرطوبى.

Y_p : أعلى محصول لأعلى تركيب وراثى تحت ظروف الإجهاد الرطوبى.

(Lin and Binns, 1988)

ومن الدراسات الفريدة فى حصر أدلة قياس تحمل الجفاف ما قام به كلٍ من **Taghian and Abo-Elwafa** عام **(2003)** لتحديد متوسط أداء الأصناف تحت ظروف الإجهاد والرى باختبار 29 تركيب وراثى من القمح الربيعى بمزرعة جامعة أسيوط خلال موسمى 2002/2001 و 2002 /2003 حيث أظهرت النتائج (جدول 1 - 19) ما يلى :

1- وجود فروق معنوية بين التراكيب الوراثية تحت ظروف الجفاف والرى العادى وكذلك التحليل المشترك للمحصول والصفات المرتبطة به.

2- أظهرت جميع التراكيب الوراثية نقصاً فى الصفات المحصولية وبلغت نسبة النقص فى المحصول - 46.77٪ لمتوسط جميع التراكيب الوراثية تحت ظروف الجفاف مقارنة بالرى العادى.

3- أمكن الحصول على تبكير قدرة - 39 .10٪ و - 9.08٪ تحت ظروف الجفاف مقارنة بالرى العادى فى أبكر التراكيب الوراثية سونورا - 64 والتركيب الوراثى رقم 4، على الترتيب.

4- أعطى التركيب الوراثى رقم 23 أعلى محصول 18.15 أردب/ فدان تحت ظروف الرى العادى. بينما تحت ظروف الجفاف، أعطى الصنف سخا 8 والتركيب الوراثى رقم 25 أعلى محصول قدرة 10.10 و 9.09 أردب/ فدان، على الترتيب بدون وجود فرق معنوى بينهما. وعلى المتوسط العام، أنتج أيضاً الصنف سخا 8 إلى جانب التراكيب الوراثية أرقام 23 و 25 و 24 و 22 و 8 أعلى محصول بمتوسط قدرة 13.22 و 12,97 و 12.60 و 36 .12 و 12.07 و 12.05، على الترتيب.

5- وجد إرتباط موجب وعالى المعنوية بين المحصول تحت ظروف الرى العادى (Yp) والمحصول تحت ظروف الجفاف (Yd) مع كل من دليل تحمل الجفاف (DTI) ومتوسط المحصول (MP) ومتوسط الإنتاجية الهندسى (GMP) (جدول 1 - 20).

ويشير الارتباط الموجب عالى المعنوية بين المحصول تحت ظروف الجفاف (Yd) وكل من الأداء النسبى (P) والمحصول النسبى (RY)، وكذلك بين الأداء النسبى (P) والمحصول النسبى (RY)، إلى أن مقاييس الأداء النسبى (P) والمحصول النسبى (RY)، تعتبر من أفضل الأدلة تحت ظروف الجفاف لتحديد التراكيب الوراثية عالية التحمل للإجهاد الرطوبى. فالتراكيب الوراثية التى تعطى أعلى القيم فى الأداء النسبى (P) تعطى أقل فرق فى المحصول بين ظروف الإجهاد والرى العادى فيما يعرف بمعامل التحمل (TOL).

جدول (1 - 19): محصول الحبوب تحت ظروف الري العادي (Y_p) والجفاف (Y_d) ودلائل تحمل الجفاف لـ 29 تركيب وراثي من القمح الربيعي

RY	P	YR	DSI	GMP	MP	TOL	DTI	Y_d	Y_p	التركيب الوراثي
0.86	1.16	0.38	0.82	11.00	11.33	5.35	0.60	8.65	14.00	1
0.69	0.86	0.54	1.16	10.34	11.14	8.27	0.53	7.00	15.27	2
0.79	0.94	0.50	1.07	11.25	11.94	7.98	0.62	7.95	15.93	3
0.75	1.12	0.41	0.87	9.81	10.15	5.17	0.47	7.56	12.73	4
0.60	0.75	0.60	1.28	9.61	10.64	9.13	0.45	6.07	15.20	5
0.71	0.99	0.47	1.01	9.93	10.45	6.50	0.49	7.20	13.70	6
0.80	1.08	0.43	0.91	10.73	11.15	6.04	0.57	8.13	14.17	7
0.80	0.94	0.50	1.07	11.37	12.06	8.03	0.64	8.04	16.07	8
0.78	1.32	0.29	0.63	9.38	9.53	3.29	0.43	7.88	11.17	9
0.62	0.81	0.57	1.21	9.53	10.37	8.20	0.45	6.27	14.47	10
0.77	1.07	0.43	0.92	10.37	10.79	5.95	0.53	7.81	13.76	11
0.54	0.67	0.64	1.37	9.19	10.44	9.87	0.42	5.50	15.37	12
0.72	1.02	0.46	0.98	9.89	10.36	6.15	0.48	7.28	13.43	13
0.67	0.88	0.53	1.14	9.89	10.61	7.67	0.48	6.77	14.44	14
[illegible].76	[illegible].05	0.44	0.94	10.27	10.71	6.06	0.52	7.68	13.74	15
0.67	0.91	0.52	1.11	9.78	10.44	7.28	0.47	6.80	14.08	16
0.78	1.23	0.34	0.74	9.72	9.94	4.13	0.46	7.87	12.00	17
0.89	1.38	0.26	0.56	10.41	10.54	3.19	0.53	8.94	12.13	18
0.81	1.18	0.37	0.79	10.29	10.57	4.79	0.52	8.17	12.96	19
0.86	1.11	0.41	0.88	11.31	11.71	6.03	0.63	8.69	14.72	20
0.79	1.04	0.45	0.95	10.75	11.22	6.44	0.57	8.00	14.44	21
0.85	1.03	0.45	0.96	11.55	12.07	6.99	0.66	8.57	15.56	22
0.77	0.81	0.57	1.22	11.90	12.98	10.35	0.70	7.80	18.15	23
0.84	0.99	0.47	1.01	11.75	12.37	7.69	0.68	8.52	16.21	24
0.90	1.06	0.44	0.93	12.10	12.60	7.02	0.72	9.09	16.11	25
0.59	0.84	0.55	1.19	8.99	9.74	7.47	0.40	6.00	13.47	Chenab 70
0.65	1.08	0.43	0.91	8.63	8.97	4.87	0.37	6.53	11.40	Sonora 64
0.51	0.77	0.59	1.26	8.07	8.89	7.43	0.32	5.17	12.60	Nilien
1.00	1.16	0.38	0.82	12.84	13.22	6.23	0.81	10.10	16.33	Sakha 8

Y_p : المحصول تحت ظروف الرى العادى.

Y_d : المحصول تحت ظروف الجفاف.

DTI : دليل تحمل الجفاف.

TOL : دليل التحمل.

MP : متوسط الإنتاجية.

GMP : متوسط الإنتاجية الهندسى.

DSI : دليل الحساسية للجفاف.

YR : نسبة النقص فى المحصول.

P : الأداء النسبى.

RY : مقياس التفوق أو المحصول النسبى.

(عن: Taghian and Abo-Elwafa, 2003)

جدول (1 - 20): معامل الارتباط بين محصول الحبوب تحت ظروف الري العادي (Y_p) والجفاف (Y_d) ودلائل تحمل الجفاف

Index	YP	YS	DTI	TOL	MP	GMP	DSI	YR	P	RY
YP	-	0.241	0.729**	0.778**	0.866**	0.717**	0.491**	0.492**	-0.490**	0.234
YS		-	0.836**	-0.423*	0.694**	0.849**	-0.718**	-0.716**	0.719**	0.999**
DTI			-	0.139	0.971**	0.998**	-0.222	-0.221	0.224	0.832**
TOL				-	0.359	0.119	0.924**	0.923**	-0.924**	-0.429*
MP					-	0.969**	-0.005	-0.004	0.007	0.688**
GMP						-	-0.245	-0.244	0.247	0.844**
DSI							-	0.999**	-0.999**	-0.723**
YR								-	-0.999**	-0.722**
P									-	0.725**

(عن: **Taghian and Abo-Elwafa, 2003**).

* وقد أظهرت دراسة **El-Hifny** وآخرون (**2003**) تباين تقديرات دليل الحساسية للجفاف بين مائة سلالة منتخبة للجيل الذاتي الأول "S_1" لتحمل الجفاف من عشيرة مفتوحة التلقيح من الذرة الشامية. وأمكن تمييز عشرة سلالات أكثر تحملاً للجفاف وأعلى محصولاً، يوصى بادخالها في برامج تحسين محصول الحبوب تحت ظروف الجفاف. ومن بين المائة سلالة، سجلت 25 سلالة قيم أقل من الوحدة لدليل الحساسية للجفاف DSI، كانت أكثر تحملاً [illegible]ـفاف. وفى داخل هذه المجموعة أعطت عشر سلالات قيم تراوحت من (0.04 إلى 0.28) وتميزت بأعلى محصول حبوب تحت الظروف المثلى (641.5 إلى 819.5 كجم/ قطعة) وتحت ظروف الإجهاد المائى (625.5 إلى 755.0 كجم/ قطعة) (جدول 1 - 21).

وعموماً فإن الانتخاب لدليل الحساسية للجفاف المنخفض مع متوسط السلوك المرتفع لأى صفة تحت ظروف الإجهاد سوف يكون مفيداً فى إمكانية استغلال التراكيب الوراثية المتميزة الأداء لزراعتها تحت ظروف المناطق التى تعانى من نقص الماء.

جدول (1 - 21): التوزيع التكراري لدليل الحساسية للجفاف (DSI) لـ 100 سلالة "S_1" من الذرة الشامية

الفئـــة	التكـرار
0.00 - 0.50	25
0.51 - 1.00	30
1.01 - 1.50	34
1.51 - 2.00	9
?2.01	2

(عن، **El-Hifny *et al.*, 2003**).

القسم الثاني
وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الحرارة العالية
(الإجهاد الحراري)

Genetics and Breeding Crops for High Temperature Tolerance (Heat Stress)

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ وما يستوي الأعمى والبصير (١٩) ولا الظلمات ولا النور (٢٠) ولا الظل ولا الحرور (٢١) ﴾ .

(سورة فاطر: آية ١٩، ٢٠، ٢١)

القسم الثاني

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الحرارة العالية

(الإجهاد الحراري)

Genetics and Breeding Crops for High Temperature Tolerance

(Heat Stress)

مقدمة:

تعتبر الحرارة العالية عامل هام من عوامل الإجهاد البيئى غير الحيوى الذى يؤثر على نشـاط الكائنات الحيـة. فـمن الملاحظ حـدوث زيادة تدريجيـة فى درجة حـرارة الكرة الأرضية نتيجة الأنشطة البشرية وزيادة مستويات غاز ثانى أكسيد الكربون بالجو والذى يقوم بامتصاص وحجز كمية كبيرة من الأشعة تحت الحمراء والاشعاعات الحرارية الأرضية المنبعثة من سطح الكرة الأرضـية. الأمر الذى أدى إلى حدوث ظاهرة الاحتباس الحرارى وتأثير الصوبة Green house effect. فمن المتوقع بحلول عام 2050 إرتفاع درجة حرارة القطبيـن بحـوالى 10 درجات مئوية عن المعـدلات العادية، مما ينذر بكارثة بيئية.

وتؤثر الحرارة العالية على إنتاجية المحاصيل فى عديد من مناطق العالم، خاصة المناطق الجافة وشبه الجافة والمناطق الحارة مثل المنطقة العربية. وتعتبر مناطق التوسع الأفقى فى الصحارى المصرية أحد هذه المناطق. وتبلغ نسبة النقص فى المحصول نتيجة الإجهاد الحرارى حوالى 30٪. وفى ضوء الزيادة السكانية وإمتداد الزراعة إلى الأراضى الهامشية حيث إجهادات البيئة المختلفة، وحيث يعتبر الماء والحرارة من العوامل البيئية الكبرى المؤثرة على إنتاجية المحاصيل. لذا تبدو أهمية إستنباط أصناف من المحاصيل الحقلية أكثر قدرة على الأقلمة مع ظروف الحرارة العالية كأحد الأهداف الرئيسية لمربى النبات فى برامج التربية.

ويعتبر التقدم الذى أمكن تحقيقه فى هذا المجال مازال محدوداً ويرجع ذلك إلى أن تحمل الإجهاد الحرارى من الصفات المعقدة التى يحكمها عديد من الجينات Polygenes وتحتاج ميكانيكياتها مزيداً من الدراسة إلى جانب محدودية المستودع الجينى للصفات المرتبطة بتحمل الإجهاد الحرارى وصعوبة التحكم فى درجات الحرارة تحت الظروف الطبيعية ونقص كفاءة الطرق المستخدمة فى تقييم التراكيب الوراثية.

ويعتمد تحسين الأصناف على معرفة النظام الوراثى المتحكم فى وراثة الصفات المرتبطة بتحمل الحرارة العالية. وتعتبر القدرة الإنتاجية العالية وكمية الناتج الكلى ودليل الحصاد وانخفاض دليل الحساسية للحرارة من المعايير الانتخابية الأساسية سهلة التقدير فى برامج تحسين أقلمة التراكيب الوراثية للاجهاد البيئى. إلا أنه يبدو أن الانتخاب لتحمل الحرارة العالية خلال الأجيال الانعزالية ليس هدفاً سهلاً **(Ortiz Ferrara *et al.*, 1991)**.

وتعتمد كمية المحصول المتحصل عليه تحت ظروف الإجهاد الحرارى على عديد من المحددات الكبرى، متمثلةً، فى الصفات المورفوفسيولوچية والكيموحيوية وكفاءة إستخدام الماء ومساهمة نواتج التمثيل المخزنة فى السيقان وقواعد وأغماد الأوراق فى تحسين إمتلاء الحبوب تحت ظروف الإجهاد الحرارى المتأخر.

وتتعدد الطرق التى يحدث بها الإجهاد الحرارى فى منطقة مناخية واحدة، فقد تلحق الأضرار بالنباتات بسبب إرتفاع درجة الحرارة فى النهار أو المساء أو عن طريق زيادة درجة حرارة الهواء أو التربة. ومن الجدير بالذكر أن الأنواع والأصناف المختلفة تتباين فى درجة حساسيتها وتحملها للحرارة، فالنباتات التى تزرع فى المواسم الباردة أكثر حساسية من النباتات التى تزرع فى المواسم الحارة. أما درجة الحرارة المثلى لكل نبات فهى تختلف من منطقة جغرافية إلى أخرى ومن محصول إلى آخر ومن سلالة إلى أخرى.

وعموماً تلعب درجة الحرارة دوراً كبيراً فى التأثير على إنبات ونمو نباتات المحاصيل ويرجع ذلك إلى تأثيرها المباشر على عمليتى التمثيل الضوئى والتنفس ولذلك يتم تحديد مواعيد زراعة المحاصيل حسباً لاحتياجاتها الحرارية التى توافق عمليتى التمثيل الضوئى

والتنفس، فمن خلال العملية الأولى يبنى النبات ويضيف إلى وزنه الجاف خلال النهار، ومن خلال العملية الثانية يحافظ النبات على حياته بأكسدة جزء من الكربوهيدرات التى تم بناؤها نهاراً ويفقد بذلك جزء من الوزن لتغطية إحتياجات التنفس. بيد أنه كلما توفر لنبات المحصول درجة حرارة مناسبة ليلاً ونهاراً كلما زاد معدل التمثيل الضوئى (البناء) على معدل التنفس (الهدم) وبالتالى زاد الوزن الجاف للنبات كما هو موضح من المعادلة التالية :

الوزن الجاف للنبات = التمثيل الضوئي - التنفس = صافي التمثيل الضوئي

فتزداد إنتاجية الذرة الشامية عند زراعتها خلال إبريل ومايو (زراعة صيفية) عن زراعتها خلال يوليو وأغسطس (زراعة نيلية) بسبب إنخفاض درجة حرارة الليل فى الأولى عن الثانية وبالتالى إنخفاض معدل فقد الكربوهيدرات التى تم تمثيلها نهاراً، كما يزيد عدد الأيام لظهور الحريرة فيزداد إنتاج المادة الجافة فى الساق والأوراق والتى تتنقل إلى حبوب الذرة خلال طور الأثمار. كذلك تزداد إنتاجية القطن عند زراعته خلال فبراير ومارس عن تأخيره إلى إبريل ومايو لنفس السبب وهو أن حرارة النهار مناسبة فى الزراعة المبكرة عن المتأخرة ولكن تتميز الزراعة المبكرة بانخفاض فى درجة حرارة الليل عن الثانية فينخفض الفقد بالتنفس ويزيد عدد الأيام لبداية التزهير وينخفض تساقط البراعم الزهرية فيزداد محصول القطن الزهر وهكذا يتم إختيار مواعيد زراعة المحاصيل.

مفهوم الإجهاد الحراري والأضرار الناجمة عنه :

يقصد بالإجهاد الحرارى Heat stress، الارتفاع فى درجة حرارة الوسط لمدة زمنية كافية لإحداث ضرر غير مرتد لوظائف ونمو النبات، نتيجة إمتصاص أوراق وأعضاء النبات طاقة الأشعة، مما يؤدى إلى رفع درجة حرارتها عن درجة حرارة الوسط المحيط.

من الجدير بالذكر أن إرتفاع درجة الحرارة خلال فترة النهـ يؤدى إلى حدوث أضرار مباشرة Direct effects وغير مباشرة Indirect effects للنبات. وتنشأ الأضرار المباشرة نتيجة إرتفاع حرارة النسيج النباتى مما يؤدى إلى حدوث أضرار بالغة، خاصة فى الناحية التركيبية ومن ثم الوظيفية. أما الأضرار غير المباشرة فهى نتيجة زيادة الاحتياج

المائى للنبات بسبب زيادة عملية البخر. وتجدر الإشارة إلى أن زيادة عملية البخر تزيد بزيادة درجة حرارة النهار مما يؤدى إلى زيادة معدل التنفس وقلة الماء الموجود بالنبات. كما يجب أن نلاحظ أن درجة حرارة الهواء تتغير أثناء اليوم والموسم الواحد، ويتوقف ذلك على حسب المنطقة الجغرافية. ويمكن الحصول على درجات الحرارة الخاصة بأى منطقة جغرافية من محطات الأرصاد الجوية أو من القنوات الإخبارية أو من الشبكات المعلوماتية للأرصاد على الإنترنت.

ويتوقف الضرر الناجم عن حدوث الإجهاد الحرارى فى منطقة جغرافية ما، على درجة الحرارة فى هذه المنطقة والمدة الزمنية التى تستغرقها أثناء النهار أو الليل. وبسبب التغيرات الحادثة حالياً فى درجات حرارة الكرة الأرضية نتيجة ظاهرة الصوبة الخضراء، فإنه من الصعب الآن التنبؤ بدقة بدرجات الحرارة المتوقعة فى منطقة جغرافية ما إعتماداً على السجلات السابق تدوينها.

كما يجب أن نلاحظ أن إرتفاع درجة حرارة التربة يؤدى إلى إنخفاض نسبة الإنبات. لذلك فإن درجة الحرارة القصوى اللازمة لإنبات بذور نباتات المواسم الحارة أكثر بكثير من درجات الحرارة القصوى اللازمة لإنبات بذور نباتات المواسم الباردة. فمثلاً فى نبات الذرة الشامية وهو من نباتات المواسم الحارة: تكون درجة الحرارة القصوى للإنبات هى 37°م أما القمح وهو من نباتات المواسم الباردة تكون درجة الحرارة القصوى اللازمة للإنبات هى 25°م.

وبمقارنة قدرة كل من نباتات المواسم الباردة والحارة على الثبات الحرارى للأغشية، تبين أن نظام التمثيل الضوئى الثانى (Photo system II) لنباتات المناطق الباردة مثل القمح، أكثر حساسية للحرارة من نباتات المناطق الحارة مثل الأرز. ويؤدى إرتفاع الحرارة إلى حد معين إلى الموت السريع للنباتات. فعلى سبيل المثال، إذا تعرض نبات الحمص إلى درجة حرارة أعلى من 35°م لمدة زمنية كافية فإن ذلك يؤدى إلى موت هذه النباتات، فى حين أن الشعير أكثر تحملاً للحرارة خاصة فى فترة إمتلاء الحبوب. وتستطيع نباتات المواسم الدافئة أن تنمو بكفاءة فى درجات حرارة مماثلة. علاوة على ذلك تستطيع نباتات الفاصوليا أن تنمو بكفاءة فى واحدة من أكثر البيئات حرارة «50°م»، مع حدوث بعض

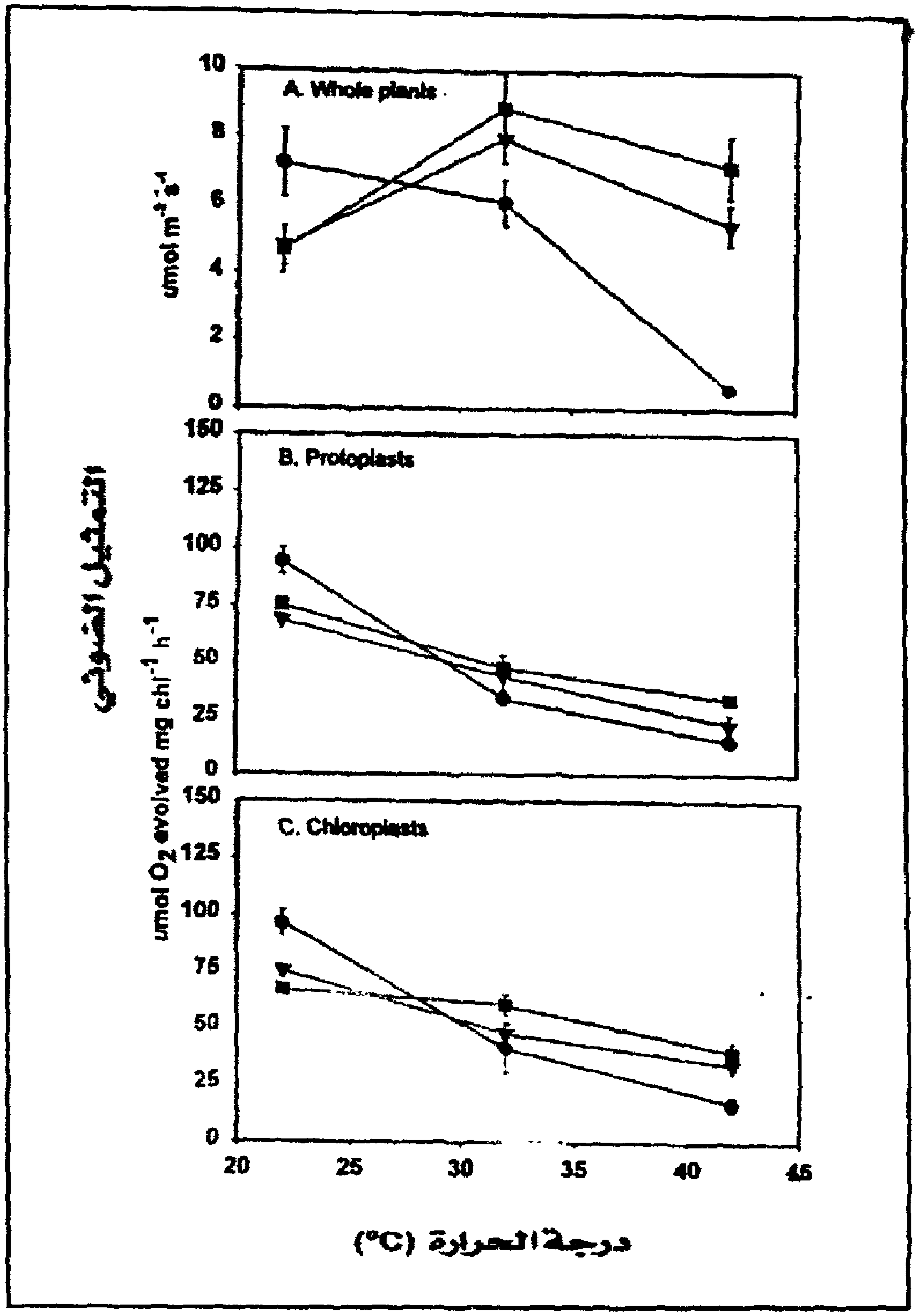
التشوه فى بعض أجزاء من المجموع الخضرى. أما بالنسبة للنباتات وحيدة الفلقة سواء المنزرعة فى المواسم الحارة أو الباردة، فإن إرتفاع درجة الحرارة يسبب حروق فى الأوراق وجفاف حوافها والتأثير على فسيولوجيا التكاثر.

فعند مقارنة نوعان من المحاصيل التابعة للنباتات ثلاثية الكربون وهما القمح (كمحصول متأقلم مع الظروف الباردة) والأرز (كمحصول متأقلم مع الظروف الدافئة)، مع الدخن التابع للنباتات رباعية الكربون (المتأقلم مع البيئات الحارة) وقياس معدل التمثيل الضوئى عند مستوى حرارى 22 و 32 و 42°م (شكل 2 - 1). لوحظ على مستوى النبات الكامل (A)، زيادة معدلات التمثيل الضوئى فى الدخن والأرز مع إرتفاع درجة الحرارة من 22 إلى 32°م، بينما انخفض مع زيادة درجة الحرارة إلى 42°م. أما فى القمح، فكان معدل التمثيل الضوئى عالياً عند 22°م ثم تناقص مع زيادة درجة الحرارة من 32°م إلى 42°م. وعلى مستوى البروتوبلاست (B) والكلوروبلاست (C) كان تناقص نشاط التمثيل الضوئى الثانى أكثر وضوحاً فى القمح كمحصول متأقلم مع الظروف الباردة بزيادة درجة الحرارة إلى 32°م ثم 42°م. وكان الانخفاض أقل حدة فى الدخن والأرز كمحاصيل متأقلمة مع الظروف الحارة والدافئة مع زيادة درجة الحرارة من 22 إلى 42°م. هذا وقد أعزى **(Al - Khatib and Paulsen, 1999)** الاختلافات فى الإستجابة للتمثيل الضوئى مع زيادة الإجهاد الحرارى إلى تأثر تفاعلات الضوء، وإرتبطت حساسية القمح الشديدة للإجهاد الحرارى مع ضرر أغشية الثيلاكويد ونظام التمثيل الضوئى الثانى Photo system II.

وعموماً، يمكن توضيح تأثير الإجهاد الحرارى على نباتات المحاصيل فى النقاط الآتية :

1- إنخفاض نسبة الإنبات ونقص نمو النبات نتيجة نقص تمدد وتطور الأعضاء النباتية وإنخفاض المحتوى المائى للخلية وضغط الإمتلاء.

2- التأثير على عملية التمثيل الضوئى ومكوناته المختلفة وتفاعلات الضوء وإنخفاض معدلات أيض المركبات الغذائية أثناء النمو الخضرى نتيجه إنخفاض معدل تمثيل ثانى أكسيد الكربون.



شكل (2 -1): معدل التمثيل الضوئي للأوراق المفصولة (A) والبروتوبلاست (B) وكلوروبلاست (C) كل من القمح (●) والأرز (▼) والدخن (■) من نباتات عمر 14 يوم بعد المعاملة بثلاث مستويات من درجات الحرارة 17/22 و 27/32 و 37/ 42°م لمدة 10 دقائق. قيست معدلات التمثيل الضوئي عند تركيزات ك أ 2 370 μLL^{-1} للأوراق السليمة و 1000 μLL^{-1} في البروتوبلاست والكلوروبلاست عند 27°م (Al - Khatib and Paulsen, 1999)

3- حدوث أضرار بالغة فى نظام التمثيل الضوئى الثانى Photo system II الموجود فى أغشية الثيلاكويد بالكلوروبلاست، إلى جانب حدوث أضرار فى الأغشية نفسها وتثبيط عملية الفسفرة الضوئية.

4- نقص تجزئة نواتج التمثيل بين السيقان والأوراق والجذور والأجزاء الثمرية.

5- حدوث أضرار بالغة فى التراكيب التناسلية وعدم تكشف الأزهار والتأثير على حيوية حبوب اللقاح ونقص عقد البذور والثمار.

6- التأثير على محتوى حبوب النجيليات مثل القمح والشعير وغيرها من النشا نتيجة تثبيط نشاط انزيم تخليق النشا.

7- نقص محتوى حمض الاسكوربيك والصبغات والكلوروفيل.

8- نقص محتوى البروتين الذائب وزيادة مستويات البرولين الحر.

9- زيادة تراكم حمض الابسيسيك، ومن ثم نقص درجة التوصيل الثغرى وتمثيل ثانى أكسيد الكربون.

10- تشوه أجزاء المجموع الخضرى واحتراق قمة الأوراق وجفافها ولفحة النورات.

11- نقص معنوى فى المحصول ومكوناته نتيجة نقص إمتلاء الحبوب وإتجاه النبات إلى الشيخوخة المبكرة.

وبناءً على ذلك، فإن تحوير أيض النبات والعمليات الحيوية المتصلة بتكوين البروتوبلازم بالتطويع الوراثى سواء بطرق التربية التقليدية أو بالتقنيات الحديثة، يعتبر من الوسائل الهامة لتحسين أداء الصنف المحصولى تحت ظروف الإجهاد الحرارى. حيث تشير الدراسات المتقدمة إلى إمكانية التحسين الوراثى للمنتج المحصولى تحت الظروف البيئية القاسية.

ومن الناحية العملية، يعتبر إختيار الصنف وميعاد الزراعة المناسب لمراحل نمو المحصول فى المنطقة وتوليفة الأسمدة مع المياه المتاحة من الإجراءات الزراعية المناسبة لتحسين نمو النبات وتقليل الأثر الضار لارتفاع درجة الحرارة على الإنتاجية.

المراحل الحرجة لتأثير الإجهاد الحراري على نباتات المحاصيل :

Critical periodes of heat stress on crop plants

يتوقف تأثير إرتفاع درجة الحرارة على نباتات المحاصيل على طور النمو الذى يحدث فيه هذا الإجهاد، ويعتمد ذلك على نوع المحصول وطبيعة نموه. ويعتبر الإلمام بالفترات الحرجة ذو أهمية فى برامج غربلة وتقييم جيرمبلازم المحاصيل لتبيان قدرتها على تحمل الحرارة المرتفعة. وفيما يلى المراحل الحرجة لتأثير الإجهاد الحرارى على بعض المحاصيل الحقلية :

1- الأرز: قبل الإخصاب بعشرة أيام وفترة التزهير.

2- الذرة الشامية والذرة الرفيعة: فترة التزهير وإمتلاء الحبوب.

3- القمح والشعير: الإخصاب وتكوين الحبوب.

4- فول الصويا: فترة التزهير وتكوين القرون.

5- القطن: فترة التزهير وتكوين اللوزة.

الباب الأول

طبيعة المقاومة للإجهاد الحراري

الباب الأول

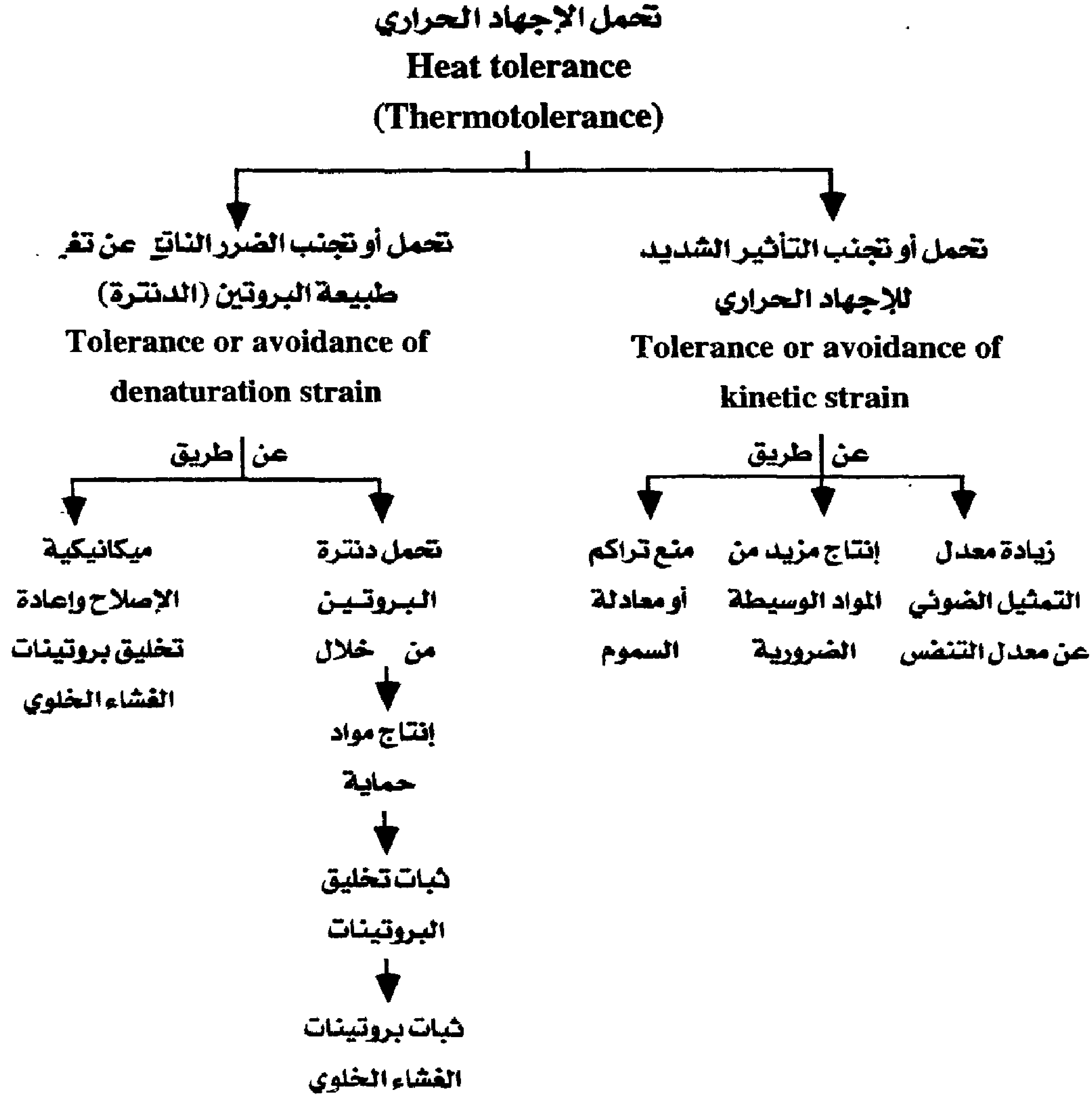
طبيعة المقاومة للإجهاد الحراري

Nature of resistance to heat stress

تقسم طبيعة المقاومة للحرارة العالية فى النبات تبعاً لميكانيكية الأقلمة التى تُبديها أصناف المحاصيل (شكل 2 - 2) إلى الطرز الآتية :

1- تجنب الحرارة العالية Heat avoidance.

2- تحمل الحرارة العالية Heat tolerance (Thermotolerance).



شكل (2 - 2): الطرز المختلفة لتحمل الإجهاد الحراري

أولاً: تجنب الحرارة العالية Heat avoidance

يعتبر تجنب الحرارة أحد المكونات الرئيسية فى مقاومة الإجهاد الحرارى، وفيه تكون درجة حرارة النبات أقل من درجة حرارة نباتات المقارنة، أو أقل من درجة حرارة الهواء المحيط بحوالى عشر درجات مئوية. وفى هذه الحالة تظل الأوراق محتفظة بحيويتها.

وتلعب قدرة النبات على تحوير تركيب الورقة سواء من خلال الحجم (المتوسط) أو القدرة على الالتفاف وتغير وضع حافة الورقة عند إشتداد الحرارة دوراً هاماً فى تجنب تأثيرات الحرارة العالية. ويسهم طراز الأوراق الملساء والخضراء الشاحبة والتى تعكس جزء كبير من أشعة الشمس مقارنة بالأوراق الخضراء الداكنة فى تخفيف حمل الطاقة على النبات. كما تلعب القدرة على التحكم فى الثغور ومعدل النتح وما يحدثه من تأثير تبريد Cooling effect، فى خفض حوالى 23٪ من حرارة النبات، ومن ثم أقلمة الأصناف لظروف الحرارة العالية

ثانياً: تحمل الحرارة العالية Heat tolerance (Thermotolerance)

يقصد بالتحمل قدرة العضو النباتى على البقاء حياً تحت ظروف الإجهاد الحرارى. ويتحدد ذلك وراثياً من خلال ثبات البروتينات والأحماض النووية أو عودتها إلى حالتها الطبيعية من خلال ميكانيكيات الإصلاح إذا ما حدثت لها دنترة جزئية، هذا إلى جانب قدرة النبات على منع تراكم السموم أو إبطال مفعولها، وإستمرار البناء الضوئى ونقص معدل التنفس. ويعتمد تحمل الحرارة على توفر كاتيون البوتاسيوم K^+ والفوسفور والجلوكوز ومصادر الطاقة المختلفة.. وكذلك على الانتقال النشط لكاتيون الكالسيوم Ca^{2+} من الوسط إلى الخلايا.

وتعتبر النباتات الصحراوية أكثر تحملاً للحرارة العالية من نباتات البيئات العادية. وعموماً يتطلب التحمل والتجنب توفر ميكانيكيات حماية بإنتاج مواد تثبط عملية تخثر وتزيد من قلوية البروتوبلازم، مع قوة الروابط البروتينية وتيسر الماء الحر.

وتقسم النباتات الراقية من حيث تحملها للحرارة العالية إلى قسمين

1- نباتات وسطية التحمل Mesophiles :

ويتراوح الحد الأقصى لدرجة الحرارة التى يمكن لنباتات هذه المجموعة أن تتحملها من 35 - 45°م.

2- نباتات متوسطة التحمل للحرارة العالية Moderate thermophiles :

ويتراوح الحد الأقصى لدرجة الحرارة التى يمكن لنباتات هذه المجموعة أن تتحملها من 45 - 60°م. وتموت غالبية النباتات العشبية عند تعرضها لدرجة حرارة قريبة من 50°م، بينما تستطيع الأنواع الخشبية تحمل حرارة تصل إلى 60°م لفترات قصيرة.

بعض المفاهيم المتعلقة بالإجهاد الحراري Conceptions of heat stress

هناك ثلاث مفاهيم لتوقع تأثير درجة الحرارة على نمو وإنتاجية محاصيل الحقل وهى :

1- مفهوم فانت هوف Vant Hoff concept

يطبق مفهوم فانت هوف أساساً على التفاعلات البيوكيميائية حيث يفترض تضاعف هذه التفاعلات مع كل زيادة قدرها 10° مئوية فى حرارة التفاعل. ولقد أقترح بعض علماء فسيولوچيا المحاصيل تطبيق هذا القانون على الوزن الجاف للنبات وتوقعوا تضاعف الوزن الجاف للنبات فى متوالية هندسية مع كل زيادة 10° مئوية فى حرارة الهواء الجوى بشرط أن تكون هذه الزيادة داخل المدى الحرارى من 20 إلى 30°م، حيث أن زيادة درجة الحرارة عن 30°م يستتبعها أحياناً إنخفاض الوزن الجاف فى بعض محاصيل الحقل بسبب زيادة معدل التنفس عن معدل التمثيل الضوئى.

2- مفهوم الوحدات الحرارية Heat units concept

يفترض هذا المفهوم زيادة الوزن الجاف للنبات فى متوالية عددية مع كل زيادة فى عدد الوحدات الحرارية والتى يتم تجميعها خلال موسم نمو المحصول فوق حد أدنى معين يطلق عليه صفر النمو وهو يختلف من محصول لآخر فهو 50°ف فى الذرة

الشامية و 55°ف فى الذرة الرفيعة. وفى الولايات المتحدة الأمريكية يعتبر العدد المناسب من الوحدات الحرارية 3700 وحدة للحصول على محصول عالى من الذرة الشامية.

ويؤخذ على هذا المفهوم عدة نقاط ضعف لعل أهمها :

أ – إفتراض ثبات صفر النمو لمحصول الحقل خلال موسم النمو، فليس من المنطقى أن تكون الوحدات الحرارية اللازمة للنمو الخضرى مناسبة لبقية مراحل النمو

ب– عدم معرفة مصدر الوحدات الحرارية اليومية بمعنى هل كان زيادة عدد الوحدات بسبب زيادة حرارة الليل أم حرارة النهار حيث أن الوحدات الحرارية الليلية تكون فى صالح عملية التنفس، لذلك يقال أن هذا المفهوم لم يضع فى الاعتبار الإيقاع الحرارى اليومى.

جـ– لم يضع فى الاعتبار الإيقاع الحرارى الموسمى حيث قد يكون مصدر الوحدات الحرارية زيادة فى درجة الحرارة عن اللازم خلال فترة معينة من موسم نمو المحصول.

3- مفهوم الإيقاع الحراري اليومي Daily thermoperiodicity

إن شروق وغروب الشمس يستتبعها إختلافاً بين درجة حرارة النهار والليل فى إيقاع يومى منتظم بإن تزيد حرارة النهار مع الشروق وتنخفض درجة الحرارة ليلاً مع الغروب.

وللإيقاع الحرارى اليومى تأثيراً ملموساً على محاصيل الحقل حيث يؤدى إنخفاض حرارة الليل إلى إنخفاض معدل التنفس ليلاً وبالتالى إنخفاض معدل فقد مخزون النبات من المواد الممثلة نهاراً. كذلك فإن إرتفاع درجة حرارة النهار يؤدى إلى زيادة معدل التمثيل الضوئى نهاراً وذلك داخل حدود درجة الحرارة المثلى لكل محصول حيث يتراوح ما بين 26 إلى 31°م لمحاصيل الموسم البارد و 32 - 37°م لمحاصيل الموسم الحار وذلك يعنى أنه داخل كل مدى تكون درجة الحرارة مناسبة للتمثيل الضوئى على النحو المبين.

وتتحدد مواعيد زراعة المحاصيل وخصوصاً الصيفية بطريقة تضمن إيقاع حرارى يومى مناسب يتميز بزيادة فى درجة حرارة النهار وإنخفاض فى درجة حرارة الليل. ففى

الذرة الشامية تتميز الزراعة الصيفية بزيادة فى درجة حرارة النهار وإنخفاضاً نسبياً فى درجة حرارة الليل مقارنة بالزراعة النيلية والتى تفقد هذه الميزة وبالتالى يتوفر لها إيقاعاً حرارياً يومياً غير مناسب. يساق أيضاً مثال زراعة القطن خلال فبراير ومارس مقارنة بزراعته متأخراً خلال أبريل وهو الحال لجميع المحاصيل الصيفية حيث يفترض ضرورة إنخفاض درجة حرارة الليل عن 25°م إذ ارتفاعها عن ذلك يؤدى إلى زيادة محتوى النبات من الايثيلين ($C_2 H_4$) وهو المسبب الأول لتساقط البراعم الزهرية واللوز الصغير بالإضافة إلى تأثير إرتفاع درجة حرارة الليل على إستنفاذ مخزون النبات من المواد الممثلة نهاراً.

4- مفهوم الإيقاع الحراري الموسمي Seasonal thermoperiodicity

إن حركة الأرض حول الشمس تستغرق عاماً كاملاً (365 يوماً) ومن ثم فهناك إختلافاً فى درجة حرارتها يختلف حسب موقعها من الشمس ويترتب على ذلك إيقاعاً حرارياً موسمياً. وفى مصر يتميز أربع فصول هى الشتاء والربيع والصيف والخريف. وحسباً للإيقاع الحرارى الموسمى أى التغير فى درجة الحرارة ما بين المواسم يتم تحديد مواعيد زراعة المحاصيل بطريقة تضمن توفر إيقاع موسمى مناسب لنمو وتطور نمو المحاصيل.

من أشهر الأمثلة لاختيار ميعاد زراعة مناسب يوفر إيقاع حرارى موسمى أمثل، هو أختيار زراعة محصول القمح فى مصر خلال النصف الأخير من شهر نوفمبر وذلك فى محافظات الوجه البحرى حيث يحتاج القمح لإيقاع حرارى موسمى يتوفر فيه إنخفاض درجة الحرارة بعد الإنبات حتى تستوفى النباتات إحتياجات البرودة أى إحتياجات الارباع وكلما زادت فترة الارباع كلما كانت هناك فرصة جيدة لزيادة عدد الفروع التى يحملها النبات، أى كلما زادت قدرة النبات على التفريع، وهى تزداد كلما إنخفضت درجة الحرارة من 20°م إلى 10°م. تحتاج نباتات القمح بعد طور التفريع إلى زيادة تدريجية فى درجة الحرارة من 20°م إلى 25°م حتى تستطيل ويزداد مسطح أوراقها، وعندما تطرد السنابل تحتاج لزيادة فى درجة الحرارة من 25°م إلى 30°م حيث تساعد هذه الزيادة على زيادة إنتقال المواد الممثلة إلى الحبوب فيزداد المحصول بيد أن أى نبات

محصول يحتاج إيقاع موسمى معين وعلى أساسه يتم تحديد ميعاد زراعة المحصول حتى يتوفر للنبات خلال مراحل حياته جميع الاحتياجات الحرارية المناسبة لكل مرحلة.

ومن الأمثلة التى تؤكد إستجابة المحاصيل للإيقاع الحرارى الموسمى زيادة إنتاجية الأرز فى مصر حتى أصبحت تحتل المرتبة الأولى من حيث الجدارة الإنتاجية بفضل تحسين المعاملات الزراعية لأصناف ذات قدرة إنتاجية عالية ولعل أهم هذه المعاملات إختيار ميعاد الزراعة المناسب بحيث تتم الزراعة خلال نهاية إبريل أو أول مايو وذلك يوفر لنباتات الأرز شهران (مايو ويونيه) حيث درجة الحرارة منخفضة ليلاً نسبياً مقارنة بالنهار. وعندما تطرد النباتات الداليات فى يوليو تكون درجة الحرارة عالية بدرجة كافية لإمتلاء الحبوب خلال أغسطس لذلك فهناك إستجابة من المزارعين لتبكير زراعة الأرز لتحقيق محصول عالى.

وتقسم محاصيل الحقل حسباً لاحتياجاتها الحرارية إلى مجموعتين :

أ - محاصيل الموسم البارد Cool season crops

تنبت وتنمو نباتات هذه المحاصيل عند درجات حرارة منخفضة ولها إحتياجات حرارية منخفضة إذا لم تتوفر لا تدخل فى طور التزهير. وتتراوح الحرارة المثلى لنمو هذه المحاصيل من 26 - 31°م، ومن أمثلتها القمح والشعير والراى والشوفان والترتيكال والفول البلدى والعدس والحمص والبرسيم.

ب- محاصيل الموسم الحار Hot season crops

تنبت وتنمو نباتات هذه المحاصيل داخل مدى حرارى أعلى من محاصيل الموسم البارد. وتتراوح الحرارة المثلى لنمو هذه المحاصيل بين 32°م إلى 37°م، وهو يمثل الحد الأعظم لمحاصيل الموسم البارد. ومن أمثلة هذه المحاصيل قصب السكر والذرة الشامية والذرة الرفيعة والأرز والدخن والقطن وفول الصويا والسمسم والدخان.

ويوضح الجدول (2 - 1) درجات الحرارة الدنيا والمثلى والعظمى لمحاصيل الموسم البارد والحار :

جدول (2 - 1): درجات الحرارة الدنيا والمثلي والقصوي لمحاصيل الموسم البارد والحار

درجة الحرارة / المحصول	درجة الحرارة الدنيا (°م)	درجة الحرارة المثلي (°م)	درجة الحرارة العظمي (°م)
محاصيل الموسم البارد	صفر – 5	31 - 26	37 - 32
محاصيل الموسم الحار	18 - 15	37 - 32	50 - 44

الباب الثاني

أسس تحمل المحاصيل للإجهاد الحراري

(الصفات النباتية والمعايير الإنتخابية)

الباب الثاني

أسس تحمل المحاصيل للإجهاد الحراري

Fundamentals of crop tolerance to heat stress

(الصفات النباتية والمعايير الإنتخابية)

Plant characters and selection criteria

تتعدد الصفات النباتية التى تؤثر فى قدرة أصناف المحاصيل على تحمل الحرارة العالية سواء أكانت صفات فينولوچية أو مورفوفسيولوچية أو كيموحيوية متعلقة بالتركيب الجزيئى، ويمكن مناقشة أهمية هذه الصفات على النحو التالى :

أولاً: الصفات الفينولوچية Phenological characters

1- سرعة النمو والتبكير في النضج Rapid growth and early maturity

يعتبر النمو المبكر من المعايير السريعة والمبكرة لتحمل الحرارة العالية. وتتباين أصناف المحاصيل في سرعة الإنبات وقوة البادرات. وقد لوحظ إرتباط سرعة التكشف وقوة النمو فى مرحلة البادرة مع الإنتاج العالى من المادة الجافة عند النضج فى تسع تراكيب وراثية من القمح المتحملة للإجهاد الحرارى، مقارنة بباقى التراكيب الوراثية الأخرى الحساسة بناءً على صفات التبكير وحركة نواتج التمثيل من المنبع إلى المصب وفترة إمتلاء الحبوب ومحصول الحبوب والجودة العالية. وقد حدد Singh and Ahmad (2003) صفات قوة البادرات والتبكير كأحد المشاهدات الحقلية والدلائل المبكرة لتحمل الإجهاد الحرارى المتأخر Terminal stress فى القمح.

ثانياً: الصفات المورفولوچية Morphological characters

1- صفات المجموع الجذري Root system

يلعب المجموع الجذرى دوراً هاماً فى إمتصاص الماء اللازم لاستمرار العمليات الفسيولوچية وانتقال ناتجات التمثيل الغذائى خلال فترة حياة النبات، لاسيما تحت ظروف الإجهاد. فتعتبر حركة وإنتشار المجموع الجذرى وتعمقه من الخصائص

الضرورية لإستمرار النمو النباتى وإمتلاء الحبوب. وتجدر الإشارة إلى أن اختيار الصنف وميعاد الزراعة المناسب واتباع برامج التسميد فى ضوء كميات الماء المتاحة تعتبر من العوامل المخففة لتأثير الحرارة وتجنب النقص الكبير فى المحصول.

2- حيوية الأوراق والبقاء أخضر Green longivity

تمثل أهمية كبيرة فى عديد من أصناف المحاصيل الحقلية مثل الذرة الرفيعة والذرة الشامية والقمح وغيرها، حيث تمكن النبات من إستدامة أنشطة التمثيل الضوئى بكفاءة عالية وثبات تخليق النشا والمركبات الغذائية. ويساعد ذلك فى تدعيم النبات خلال مرحلة النضج.

وقد لعبت حيوية وصغر المساحة النوعية للورقة دوراً معنوياً فى تحسين إمتلاء القرون وإعطاء مستويات محصول مرضية في أصناف الحمص تحت ظروف الإجهاد الحرارى ونقص محتوى رطوبة التربة (**Gupta *et al.*, 2003**)، إلا أنه مع الإجهاد الحرارى الشديد لاحظ **Rao ومعاونوه (2003)** حدوث إنخفاض معنوى فى معدلات إمتصاص العناصر الغذائية مثل النيتروچين والفوسفور والبوتاسيوم ومحتوى الماء النسبى، كما تأثرت مستويات التمثيل الضوئى وصفات النمو وقل تراكم المادة الجافة فى بقوليات لوبيا العلف والحمص.

3- وجود السفا Awn

السفا عبارة عن زوائد طويلة ورفيعه توجد على القنابع أو العصافة الخارجية ويحتوى على الكلوروفيل ويقوم بعمليه التمثيل الضوئى. فوجود السفا على السنابل يمكن أن يضاعف معدل عملية التمثيل الضوئى للسبلة فى القمح. وقد وجد أن مساحة سطح السفا فى قمح الديورم قد تزيد عن مساحة ورقة العلم. وتتفوق أصناف القمح المسفاه عن الأصناف عديمة السفا فى كمية محصول الحبوب بمقدار 12٪، ولقد وجد **حسانين وآخرون (1993)** أن أصناف القمح التى تحمل سنابلها كمية من السفا أكبر وزناً، تعطى محصولاً من الحبوب أعلى من مثيلاتها التى تحمل سنابلها كمية أقل من السفا، وذلك تحت الظروف البيئية القاسية فى الأراضى الرملية حديثة الاستزراع.

ثالثاً: الصفات الفسيولوجية Physiological characters

1- درجة حرارة الورقة Leaf temperature

تمتص الأوراق قدر كبير من الطاقة الإشعاعية الكافية لرفع درجة حرارتها إلى حد مميت نظراً لتحويل هذه الطاقة الإشعاعية إلى طاقة حرارية. ورغماً عن ذلك لا ترتفع درجة حرارة الأوراق عن درجة حرارة الجو المحيط إلا ببضع درجات مئوية، إذ تتبدد الطاقة الحرارية وتفقد إلى الوسط المحيط ببعض الوسائل الطبيعية مثل الإشعاع والتوصيل والحمل. ويعتبر النتح أحد العمليات التى تؤدى إلى تبريد عرش النبات.

وتتباين الأصول الوراثية فى درجة تحملها للحرارة العالية من خلال المحافظة على درجة حرارة عرش النبات حين تعرضها للإجهاد الحرارى، فتتميز الأصناف المتحملة للإجهاد الحرارى بانخفاض درجة حرارة العرش Canopy. فقد وجد **Rane (2003)** أن أصناف القمح ذات درجة حرارة العرش المنخفضة خلال فترة إمتلاء الحبوب كانت أكثر تحملاً للإجهاد الحرارى.

وعلى الجانب الآخر، يؤدى الإجهاد الحرارى فى الأصناف الحساسة، إلى نقص كفاءة إستخدام الماء من خلال التأثير التدهورى على عملية الكربكسلة والتنفس وزيادة إستهلاك الماء، نتيجة زيادة الفارق فى ضغط بخار الماء بين المسافات الخلوية لإنسجة الورقة والهواء المحيط بها. فنجد أن إرتفاع درجة حرارة الورقة بمقدار خمس درجات مئوية عن درجة حرارة الجو المحيط يعادل إنخفاض الرطوبة النسبية للجو المحيط بمقدار 30٪.

وعموماً ترجع الزيادة فى درجة حرارة نسيج الورقة بصورة مباشرة إلى حمل الأشعة وبطريقة غير مباشرة إلى نقص إمتصاص الماء والذى يؤثر معنوياً على إستهلاك الماء وكفاءة إستخدام الماء والمساحة النوعية للورقة وقيم Δ (التى تقيس الفرق فى $^{13}C/^{12}C$ للهواء والورقة) والعلاقة بينهم. حيث وجد **Craufured ومساعدوه (1999)** أن أصناف فرچينيا من الفول السودانى قد أعطت قيماً منخفضة لـ Δ وتميزت بكفاءة عالية فى إستخدام الماء مقارنةً بالطرز الأسبانية عند 27°م، إلا أنه مع إرتفاع درجة الحرارة إلى 34°م حدث نقص معنوى فى كفاءة إستخدام الماء وزيادة معنوية فى المساحة النوعية للورقة وقيم Δ.

2- إستشعاع الكلوروفيل Chlorophyll fluorescence

تعتبر قياسات إستشعا ع الكلوروفيل مؤشراً لثبات جهاز التمثيل الضوئى والنشاط التمثيلى للورقة وتفاعلات الضوء خلال فترات الإجهاد الحرارى. لذا يفيد تقدير إستشعا ع الكلوروفيل كمعيار مباشر فى غربلة التراكيب الوراثية لتحمل الحرارة العالية.

فمن المعروف أن درجة الحرارة المثلى لعملية التمثيل الضوئى والنمو الثمرى فى القمح تقرب من 20°م، إلا أن تعرض النبات لدرجة حرارة مرتفعة عن 35°م قبل النضج الفسيولوجى يحد من إنتاجية القمح فى عديد من مناطق زراعته فى العالم. ويعزى ذلك إلى حساسية غشاء الثيلاكويد Thylakoid والتفاعلات المرتبطة به للحرارة العالية، مؤدية إلى تغير كمية طاقة الضوء الممتصة والمنتقلة من نظام التمثيل الضوئى الثانى (PS II) إلى نظام التمثيل الضوئى الأول (PS I) ومن ثم تغير نموذج Pattern إستشعا ع الكلوروفيل. وعلى ذلك، فإن كمية إستشعا ع الكلوروفيل تعتبر مؤشراً لسلامة غشاء الثيلاكويد ومعياراً للكفاءة النسبية لانتقال الالكترون من نظام التمثيل الضوئى الثانى إلى الأول.

وقد قام **Moffatt (1990 a)** بقياس إستشعا ع الكلوروفيل على ورقة العلم لنباتات القمح السليمة تحت الظروف الحقلية بجهاز Portable fluorometer وقام بتقدير المؤشرات الآتية :

Fo والتى تشير إلى إستشعا ع الكلوروفيل المبدئى.

Initial chlorophyll fluorescence.

Fm والتى تشير إلى أقصى إستشعا ع للكلوروفيل.

Maximum chlorophyll fluorescence.

Fv والتى تشير إلى الفرق بين Fo و Fm فيما يعرف بالإستشعا ع المتغير.

Variable fluorescence.

وتستخدم قيم Fo و Fv فى تمييز التراكيب الوراثية والأنواع النباتية المتحملة للحرارة العالية، حيث يختلف معدل الزيادة فى Fv بين الأصناف المتأقلمة – وغير المتأقلمة للحرارة العالية.

ويعتبر الثبات فى قيم Fv عند درجات الحرارة العالية مؤشراً جيداً لتحمل الحرارة. إلا أنه مع زيادة ضرر الإجهاد الحرارى على الورقة، تقل قيم إستشعاع الكلوروفيل المتغير. وفى هذا السياق، فقد سجل Yang ومعاونوه (a2002) إرتباط موجب بين الثبات النسبى لقيم إستشعاع الكلوروفيل المتغير مع محصول حبوب أصناف القمح تحت ظروف الإجهاد الحرارى فى مرحلة ما بعد التزهير. وتباينت أصناف القمح فى إستشعاع الكلوروفيل، وقد أظهرت أصناف القمح المتحملة للإجهاد الحرارى Ventnor و Debeira ثبات نسبى وقدرة عالية على إستعادة سابق مستواها من إستشعاع الكلوروفيل عندما أعقب معاملة الصدمة الحرارية على 40°م لمدة 16 ساعة نهاراً و 35°م لمدة 8 ساعات ليلاً على مدى 3 أيام معاملة الحرارة المثلى على 20°م لمدة 16 ساعة نهاراً و 15°م لمدة 8 ساعات ليلاً.

وخلاصة القول، يعد إستشعاع الكلوروفيل أداة مفيدة فى غربلة التراكيب الوراثية المتماثلة فى النضج لتحمل الحرارة العالية. ويعتبر الإنتخاب المتكرر طريقة مفيدة فى تجميع الجينات المسئولة عن تحمل الإجهاد الحرارى على أساس إستشعاع الكلوروفيل.

3- محتوى الماء النسبى Relative water content

يعتبر محتوى الماء النسبى والقدرة على الإحتفاظ بالماء من الدلائل المرتبطة بمختلف العمليات الكيموحيوية والفسيولوجية والتغيرات المورفولوجية وتجميع المادة الجافة والمحصول. ولذا فهى تعتبر أحد المقاييس الهامة لتحمل الإجهاد الحرارى فى مدى واسع من نباتات المحاصيل عند المراحل المختلفة من النمو والتطور، ليس فقط لتحمل الحرارة العالية، ولكن أيضاً لتحمل الجفاف والملوحة ونقص العناصر الغذائية.. فعلى سبيل المثال، تميزت أصناف الحمص المتحملة للحرارة العالية بإعلى محصول وأعلى محتوى من الماء النسبى فى الأنسجة، ولذا تعتبر هذه الخاصية من المعايير المستخدمة فى غربلة الأعداد الكبيرة من التراكيب الوراثية خلال الأجيال الانعزالية والحكم على تحسن أداء الصنف المحصولى تحت ظروف الإجهاد البيئى (**Deshmukh *et al.*, 2003 b**).

رابعاً: الأساس الجزيئي لمقاومة الإجهاد الحراري :

Molecular base for heat stress resistance

هناك العديد من المركبات الكيميائية الخلوية التى تلعب دوراً هاماً فى مقاومة الإجهاد الحرارى فى الأنسجة الخضرية لنباتات المحاصيل أثناء مراحل النمو وتشمل الكربوهيدرات والهرمونات والأنزيمات النباتية ومضادات الأكسدة وليبيدات الغشاء الخلوى وبروتينات الصدمة الحرارية إلى جانب الثبات الحرارى للبروتينات والغشاء الخلوى جنباً إلى جنب مع ميكانيكيات الإصلاح.

1- إحتياطي الكربوهيدرات المخزن بالساق

Stem reserve carbohydrate mobilization

تعتبر نواتج التمثيل المجهزة قبل الإخصاب والمخزنة بسيقان محاصيل الحبوب كالقمح والشعير مصدراً لتدعيم إمتلاء الحبوب خلال فترة الإجهاد الحرارى المتأخر. وتتباين أصناف القمح فى كفاءة عملية التمثيل الضوئى وقدرتها على الاستفادة من الاحتياطى المخزن بالساق وتوجيهه لملئ الحبوب أثناء فترات الإجهاد الرطوبى. حيث لوحظ إنخفاض معدل التمثيل الضوئى من 11 إلى 32٪ ونشاط المسطح الورقى من صفر إلى 40٪ مع إرتفاع درجة الحرارة من 22 - 32°م **(Al - Khatib and Paulsen, 1990)**.

وقد أختلفت مدى مساهمة الاحتياطى المخزن فى الساق فى إمتلاء الحبوب بما يقرب من 5 أضعاف بين الأصناف [illegible] والحساسة تحت الظروف العادية والإجهاد، حيث أسهمت الخصائص التركيبية المتعلقة بتركيز الكربوهيدرات العالى وحجم الساق الكبير وسرعة النضج وكثافة تحرك الاحتياطى المخزن بالساق بصورة ملحوظة فى تحسين إمتلاء الحبوب **(Blum *et al.*, 1994 and Blum, 1998)**.

وقد وجدت علاقة بين كمية الاحتياطى المخزن من الكربوهيدرات بساق أصناف القمح والشعير المتحملة للحرارة العالية وكمية المحصول الناتج. وأشارت القيم المنخفضة لدليل الحساسية للحرارة إلى تميز أصناف القمح Newton، Debeira، Ventnor، Trigo 3 بمحصول عالى من خلال قدرتها على تحريك الاحتياطى المخزن بالساق فى

مرحلة ما قبل التزهير لتدعيم نمو الحبة خلال فترة ما بعد التزهير وصنفت كأصناف عالية التحمل للحرارة العالية (**Yang *et al.*, 2002 a**).

وقد أمكن إستكشاف قدرة التراكيب الوراثية على الإستفادة من الكربوهيدرات المخزنة بالساق بمعاملة النباتات رشاً بعد تمام الإخصاب بـ 1٪ أيوديد البوتاسيوم. حيث لوحظ نقص في وزن الحبوب بـ 12٪ في غياب النشاط التمثيلي للأوراق في الأصناف المتحملة CBW 12، NIAW 845، في حين بلغ مقدار النقص 30٪ في الأصناف الحساسة HUW 510, HD 2428, Raj 4014 وأحتوى الصنف WR 704 على أعلى محتوى من السكر الكلي الذائب في السيقان وأقل نقص في وزن الحبوب في غياب نشاط التمثيل الضوئي مقارنة ببقية الأصناف. ولذلك، تشير البحوث إلى إعتبار معدل إمتلاء الحبوب من الصفات المرتبطة بتحمل الحرارة العالية في چيرمبلازم القمح والشعير وغيرها من المحاصيل (**Rane, 2003**).

2- التنظيم الهرموني والنشاط الأنزيمي:

Hormonic regulation and enzyme activity

تتحكم الهرمونات النباتية في معظم العمليات الأيضية المختلفة على مستوى الخلية أو على مستوى الأعضاء النباتية أو حتى على مستوى النبات الكامل. وعند تعرض النبات للإجهاد الحراري، تحدث مجموعة من التغيرات في كل من المحتوى الهرموني والثبات الهرموني، بالإضافة إلى تغيير في مستويات التخليق الهرموني. علاوة على ذلك، فإن هناك عمليات حيوية أخرى تحدث نتيجة تغير الحالة الهرمونية التي تغيرت إستجابةً للإجهاد الحراري. ويعزز ذلك العلاقة بين تأثير الإجهاد الحراري على المستقبلات الهرمونية وبين مستويات التعبير الچيني ومستويات البروتين في الخلية. وطبيعي أنه بزيادة تنظيم الفعل الهرموني في الخلية مع الإجهاد الحراري، تزداد قدرة النبات على مقاومة هذا الاجهاد.

ويؤيد ذلك مـا لوحظ من زيادة نشـاط أنزيمات Superoxide dismutase, Glutathione reductase, Catalase, Ascorbate peroxidase مع زيادة الإجـهـاد الحراري. والتي كانت أكثر وضـوحاً في أصنـاف القمـح المتحملة مقارنة بالأصناف الحساسة (**Sairam *et al.*, 2003**). كـما زاد مستويات نشاط أنزيم البيروكسيديز مع

ارتفاع درجة الحرارة فى أصناف بقوليات لوبيا العلف و الحمص المتحملة للحرارة العالية (Rao *et al.*, 2003).

3- مضادات الأكسدة Antioxidants

أكتشف حديثاً مجموعة من نواتج التمثيل الغذائى لأيض النبات الثانوية المسماة بمضادات الأكسدة تلعب دوراً هاماً فى حماية النظام الخلوى وتحمل النباتات لظروف الإجهاد البيئى. ومن أمثلة هذه المواد إنزيمات البيروكسيرير والكتاليز ومركبات التوكفيرول α, B, γ, δ - tocopherol وحمض الاسكوربيك والفوليك ومركب الجلوتاثيون وغيرها.

وتنتج هذه المواد عند تعرض النبات للإجهاد البيئى وتقوم بوظيفة حماية الخلايا من الفعل التدميرى للأصول الحرة Free radicals من الأنواع الأكسجينية النشطة (ROS) الناتجة تحت ظروف الإجهاد البيئى، الأمر الذى يؤدى إلى هدم الصبغات والليبيدات والبروتين ودنا. وهنا تلعب المواد المقاومة للأكسدة النباتية متمثلة فى مضادات الأكسدة النباتية دوراً حيوياً فى تقليل عملية الهدم. فقد أوضح **Rao ومساعدوه (2003)** أن إنتاج الأنواع الأكسجينية النشطة وما يقابلها من نشاط مضادات الأكسدة، تحدد إلى قدر كبير مدى حساسية أو تحمل التركيب الوراثى للإجهاد الحرارى، حيث تلعب مضادات الأكسدة دوراً هاماً فى ميكانيكية الحماية وتحمل الإجهاد الحرارى وتخفيف الأثر الضار لمختلف إجهادات البيئة غير الحيوية.

وقد فسر بعض العلماء أضرار الأكسدة التى تحدث فى الخلية إلى عدم التوازن بين عملية البناء الضوئى وعملية التنفس وتأثر نشاط إنزيمات مضادات الأكسدة والذى ظهر جلياً فى بادرات الذرة الشامية، حيث أن نشاط هذه الأنزيمات هو جزء من قدرة النبات على التكيف ومقاومة الإجهاد الحرارى (Gong *et al.*, 1998).

وتجدر الإشارة إلى أن المعاملة الخارجية للنبات ببعض المثيرات الحاثة على إنتاج المواد التى تلعب دوراً حيوياً فى مقاومة الإجهاد البيئى يمثل أهمية فى هذا الشأن، حيث أدت معاملة بادرات الخردل والطماطم بأى من حمض السالسليك أو الاسيتيل سالسليك أو

فوق أكسيد الهيدروچين، إلى تحسين مقاومة النباتات للإجهاد الحرارى.، حيث تصدر إشارات خلوية تؤدى إلى حث التعبير الچينى لبعض بروتينات الصدمة الحرارية مثل بروتينات *HSP 70* و *HSP 22* الموجودة فى الميتوكوندريا، الأمر الذى يؤدى إلى إكساب النبات القدرة على تحمل ظروف الإجهاد الحرارى **(Banzet *et al.*, 1998 and Cronje and Bornman, 1999)**.

4- محتوى الليبيد بالغشاء الخلوى Lipid content of cell membrane

يتسبب الإجهاد الحرارى فى حدوث تغيرات فى وظائف الغشاء الخلوى غالباً ما يكون نتيجته تغيير سيولة هذا الغشاء Membrane fluidity. وقد أظهرت عديد من الدراسات وجود علاقة وثيقة بين سيولة الغشاء الخلوى وبروتينات الصدمة الحرارية (HSP). ومن المعروف أن الغشاء الخلوى يلعب دوراً هاماً فى كثير من العمليات الحيوية، وأن زيادة أو قلة الدهون فى الغشاء الخلوى تؤثر فى قدرة النبات على تحمل الإجهاد الحرارى **(Klueva *et al.*, 2001)**.

وتحتوى الأغشية الحية Biomembrane لخلايا النبات على محتوى عالى من الأحماض الدهنية غير المشبعة Trienoic fatty acids مثل الأوليك واللينوليك واللينولينيك، تختلف نسبتها حسب الظروف البيئية التى يعيش فيها النبات. فبينما فى بعض النباتات الصحراوية، والنباتات دائمة الخضرة، تقل نسب الأحماض الدهنية Trieonic فى أغشية الليبيد جلسرين Glycerolipids، عند تأقلم النباتات مع ظروف الحرارة العالية. إلا أنه تشير عديد من الدراسات البحثية إلى وجود إرتباط بين محتوى الفوسفوليبيدات والسلفوليبيد وتحمل أصناف القمح للإجهاد الحرارى. فعند تعريض ثمانى أصناف من القمح تختلف فى تحملها للحرارة العالية لدرجة 45°م لمدة 6 ساعات خلال مرحلة إستطالة الساق، حدوث زيادة فى محتوى الفوسفوليبيد تراوحت من 40 - 115٪ فى الأصناف المتحملة، بينما تراوحت من 7.7 - 24٪ فقط فى الأصناف الحساسة الأقل تحملاً **(Komarenko *et al.*, 1979)**. كما لوحظت زيادات معنوية فى محتوى السلفوليبيد فى كلوروبلاست أصناف قمح الخبز والديورم المقاومة للحرارة مقارنة بالأصناف الحساسة **(Okanenko *et al.*, 1991)**. وأكدت دراسة

Behl ومساعدوه (1996) حدوث زيادة فى محتوى الحمض الدهنى لينوليك وبعض الفوسفوليبيدات المشبعة فى سلالات القمح المقاومة للإجهاد الحرارى مقارنة بالطراز البرى. ووجد **Iba (2003)** إرتباط موجب ومعنوى بين محتوى الأحماض الدهنية غير المشبعة Trieonic وتحمل أصناف المحاصيل الزيتية للحرارة العالية.

إلا أن دور الليبيدات المكونة للغشاء الخلوى فى مقاومة الإجهاد الحرارى يحتاج إلى مزيد من الدراسة.

5- بروتينات الصدمة الحرارية Heat shock proteins (HSPs)

هناك كثير من الأبحاث التى تتحدث عن دور وأهمية بروتينات الصدمة الحرارية فى مقاومة الإجهاد الحرارى فى النبات منذ عام 1991 وحتى الآن. وقد أمكن إكتشاف وجود بروتينات الصدمة الحرارية فى النبات عن طريق إستخدام بعض التقنيات الحديثة مثل تقنية نقل الجين والوراثة العكسية والطفور الصناعى، وتم تحديد أربع مواقع وراثية مختلفة فى نبات الارابيدوبسيس تتحكم فى مقاومة الإجهاد الحرارى عن طريق دراسة وتحليل مجموعة من النباتات الطافرة.

ومن الجدير بالذكر، أنه بزيادة النشاط الوراثى للجين المسئول عن الصدمة الحرارية Heat shock factor *(HSF)* المتحكم فى التعبير الجينى لبروتينات الصدمة الحرارية، تزداد مقاومة النبات للإجهاد الحرارى **(Lee and Schöffl, 1996)**. وأن غياب هذا العامل يؤدى إلى حساسية النبات للإجهاد الحرارى وهو ما لوحظ فى نبات الارابيدوبسيس حيث صاحب غياب ... بروتين الصدمة الحرارية *HSP 27* حساسية النبات للحرارة العالية.

وقد أشارت نتائج الدراسات الوراثية إلى وجود عديد من الجينات المسئولة عن إنتاج بروتينات الصدمة الحرارية المرتبطة إرتباطاً وثيقاً بمقاومة الإجهاد الحرارى مثل الجين *HSP 27* و *HSP 70* و *HSP 101* فى نبات الارابيدوبسيس **(Lee and Schoffl, 1996 & Hong and Vierling, 2000)**. والجين *HSP 17* المسئول عن مقاومة الإجهاد الحرارى فى خلايا الجزر **(Malik *et al.*, 1999)**، والجينات *HSP 27*، *HSP 33*، *HSP 98*، *HSP 101* فى الذرة الشامية و *HSP 21* فى البسلة و *HSP 22* فى

كلوروبلاست فوق الصوبة (Nieto - Sotelo, 1989 & Boston *et al.*, 1996) وبروتينات عالية الوزن الجزيئي HMW HSPs ومنخفضة الـوزن الجزيئي LMW HSPs في القمح (Natu *et al.*, 2003).

فعلى سبيل المثال، يقوم البروتين *HSP 70* بإعادة إصلاح البروتينات المختلفة كما تقوم بروتينات *HSP 27*، *HSP 101* بأدوار وظيفية هامة في مناطق مختلفة من الخلية، وفي إعادة تنظيـم الهيكل الكربوني لحمـاية النبـات تحـت ظـروف الإجهـاد الحـراري (Boston *et al.*, 1996 and Shawky *et al.*, 2005).

6- الثبات الحراري للبروتينات وميكانيكية الإصلاح :

Protein thermostability and repare mechanism

يعتقد أن الثبات الحراري للبروتينات يتأتى من وجود بروتينات خاصة تعمل على إصـلاح أي ضـرر ينجم عن الإجـهـاد الحـراري سـواء أكـان هذا الضـرر في تركيب (Structure) أو شكل (Shap) أو التفاف (Folding) البروتين وبالتالي الإبقاء على هذه البروتينات في صورة فعالة (Ellis, 1990) وهذه هي الوظيفة الأساسية لبروتينات الصدمة الحراريه. بالإضـافة إلى أن التـركيب الخاص لبعض البروتينات يجعلها أكثر تحملاً للإجهاد الحراري

وبالطبع فإن العلاقة بين وجود البروتينات الثابتة حرارياً ومقاومة الإجهاد الحراري بشكل عام هي علاقة وثيقة. فمـثلاً في صنف السـورجم المقـاوم للإجـهـاد الحراري المعروف باسم (E 36 - 1) يحتوي على إنزيم البناء الضـوئي ' ثابت حرارياً المعروف باسم ربيسكو (RuBisCo) وعلى أنزيم فوسفو إينول بيروفات كنتاليز، وكلاهمـا من إنزيمات البناء الضـوئي (Photo system II)، بالإضـافة إلى وجـود نسبة كبيـرة من البـروتين (Chaperonin 6) الموجود في الكلوروبلاست بالمقارنة بالأصناف الحساسة (Jagtap, *et al.*, 1998). وفي الأرز وجد أن الأصناف المقاومة التي تحتوي على أنزيم الربيسكو والذي يتـميـز بالثبـات العالي في درجات الحرارة المرتفـعة يمكنها أن تتحمل الإجهاد الحراري حتى 50°م عن الأصناف غير المقاومة (Bose, *et al.*, 1999). كـمـا أن نقل

جينات الإنزيمات الثابتة حرارياً إلى أى نبات تجعله أكثر مقاومة للإجهاد الحرارى (Burke, et al., 1988).

7- الثبات الحرارى للغشاء الخلوى Cell membrane thermostability

يعتبر ثبات الغشاء الخلوى واحداً من المقاييس المستخدمة كثيراً في تقييم تحمل أصناف مختلف المحاصيل للإجهاد، على الرغم من أنه يعتبر جزءاً صغيراً من عدد كبير من الخصائص والعمليات التى تتفاعل لتكسب النبات مقاومة للإجهاد خلال مراحل النمو المختلفة.

وقد أتضح أن صفة الثبات الحرارى للغشاء الخلوى ترتبط أرتباطاً وثيقاً بتحمل بادرات القمح والشعير للإجهاد الحرارى عند إختبارها فى أربعة مناطق حارة من العالم هى المكسيك والهند والسودان والبرازيل (Fokar *et al.,* 1998)، ووجدت نفس العلاقة فى الذرة الشامية (Ristic *et al.,* 1998) وفول الصويا (Martineau *et al.,* 1979b) والطماطم (Preczewski *et al.,* 2000).

وقد سجلت إختلافات وراثية بين جيرمبلازم القمح فى هذه الخاصية، وكانت درجة ثبات الأغشية الخلوية أعلى فى بادرات أصناف القمح الأكثر تحملاً للحرارة العالية، مقارنة بالأصناف الحساسة (Assad and Paulsen, 2002). إلا أنه أوضح أن التغيرات الوراثية فى درجة ثبات الغشاء الخلوى للحرارة العالية والجفاف كانت قليلة وغير ثابتة، وأن معظم الأصناف تظهر إختلافات وراثية قليلة فى المحصول عقب تعرضها للإجهاد الحرارى.

على أنه فى الحمص، سجل إرتباط سالب بين محصول البذرة تحت ظروف الإجهاد وضرر الغشاء عند 50٪ تزهير (r = 0.527 -) وعند 20 يوم بعد التزهير (r = 0.689 -) وعند 40 يوم بعد التزهير (r = 0.869 -) والمساحة النوعية للورقة (r = 0.483 -) عند تكوين القرون. وتميزت أصناف الحمص المتحملة للإجهاد BGD 72 و RSG 143 - 1 باعلى محصول وأعلى مستوى للماء النسبى مع أقل ضرر للغشاء الخلوى.

(Gupta *et al.,* 2003 and Kushawha *et al.,* 2003)

الباب الثالث
الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل للإجهاد الحراري

الباب الثالث

الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل للإجهاد الحراري

Varietal differences and sources for heat stress tolerance

تعتبر الإختلافات الوراثية الموجودة بين الأصناف المنزرعة والطرز البيئية والأنواع البرية الحاملة للچينات المشفرة للصفات المرتبطة بتحمل الحرارة العالية ذات أهمية فى برامج التحسين الوراثى. ولقد تطورت فى الفترة الأخيرة الأبحاث الخاصة بوصف الاختلافات الصنفية Genetic variability ووراثة تحمل الإجهاد الحرارى والتى تمثل أساس عمل مربى النبات فى برامج تحسين المحاصيل.

القمح Wheat

تتباين أصناف القمح فى تحملها للإجهاد الحرارى، فقد أظهرت أصناف قمح الخبز المحلية هندى 62 و سدس 1 وجيزة 164 وجيزة 168 وسخا 93 وجيزة 155 وجيزة 160 (قمح التكامل) وشيناب و Sonora و Pro Bred وكذلك أصناف قمح المكرونة سوهاج 3 وبنى سويف 1 و 3 مقاومة عالية للحرارة، فى حين كانت الأصناف جميزة 10 و West bred و Hinta Madina متوسطة الحساسية للحرارة العالية **(El - Hinnawy, 1998 and Anonymous, 2006)** وتميزت الطفرة WH 147 M بتحمل الصدمة الحرارية عن الصنف الأصلى WH 147 **(Gupta *et al.*, 1987)**.

ويتميز الصنف الأجنبى Egret بتحمله للحرارة العالية (49°م نهار و 19°م ليلاً) عن الصنف Oxley **(Stone and Nicolas, 1998)**. كما تميزت الأصناف الأجنبية K 9824، MP 4013، WR 546، LOK 3397، DWR 253، UP 2418، LOK 45، GW 326، K 9922 بقوة البادرات وزيادة تراكم المادة الجافة وتحمل الحرارة العالية فى مرحلة البادرة **(Singh and Ahmad, 2003)**.

وكانت أصناف القمح CBW 12، NIAW 845، وWR 704 أكثر تحملاً من الأصناف HUW 510, HD 2428, Raj 4014 التى إنخفض محصولها بشدة تحت

ظروف الإجهاد الحرارى (Rane, 2003). هذا وقد أظهر الصنفان HD 2285 و UP 2338 مستوى عالى من التحمل مقارنة بالصنفين HD 2329 و HD 2428 (Natu et al., 2003). وأنفرد صنف القمح C 306 بمستوى عالى من المقاومة لدرجات الحرارة المرتفعة مقارنة بالصنف HD 2229 (**Sairam *et al.*, 2003**).

الشعير Barley

يتميز صنف الشعير هجين صحراوى وجيزة 124 وأصناف الشعير المستنبطة حديثاً جيزة 130 وجيزة 131 وجيزة 2000 بمستوى عالى من التحمل للإجهاد الحرارى مقارنة بالسلالة المبشرة من الشعير العارى {HBL 93/ 2 (CI 13346) HANNA} (**Tarrad *et al.*, 2002 and Ahmed *et al.*, 2003**).

الأرز Rice

تتميز أصناف الأرز الحديثة سخا 104 وجيزة 182 بالمقاومة للحرارة العالية (**Anonymous, 2006**).

وتتميز الأصناف الأجنبية Parijata و Jaya بتحملها للحرارة المرتفعة 39.5 –44.5° م مقارنة بالأصناف Hema و Kumar (**Roy and Acharya, 1981**).

الذرة الشامية Maize

حققت هجن الذرة الشامية هجين فردى 10 و 123 وهجين ثلاثى 311 و 314 و 352 مستويات محصول مرتفعة تحت ظروف مصر العليا ومنطقة النوبارية مقارنة بالأصناف نفرتيتى ووطنية 4 (**Anonymous, 2005**).

ويتميز الصنف الأجنبى N 172 بالمقاومة للحرارة، فى حين كان الصنف OH 43 حساس عند إجهاد حرارى 40°م (**Binelli *et al.*, 1985**).

وتميزت السلالات N22 و IR 2006 و IET 4658 بقدرة إئتلافية عالية لتحمل الحرارة مقارنة بالسلالات الحساسة IR 28، IR 1561، IR 52 (**Mackill *et al.*, 1982**).

الذرة الرفيعة Sorghum

تتميز هجن الذرة الرفيعة، هجين فردى مينا وهجين فردى حورس وشندويل 6 والأصناف دورادو وجيزة 15 بتحملها للحرارة مقارنةً بالتراكيب الوراثية CSV - 14R و R - 9001 و A - 88006 **(Patil *et al.*, 2003 and Anonymous, 2005)**.

الفول البلدي Faba bean

تختلف أصناف وسلالات الفول البلدى فى تحملها للإجهاد الحرارى. وقد تميز الصنف جيزة 429 والسلالة 943 /1159 /93 بإعطاء محصول يفوق 3 طن/ هكتار، فى حين أعطى الصنفان جيزة 40 وجيزة 674 والكمبوزيت 60 /1775 /88 و 33 /143 /82 محصولاً يفوق 2.6 طن/ هكتار. وكانت الأصناف جيزة 429 وجيزة 674 والسلالات 943 /1159 /93 و 917 /824 /93 من أفضل التراكيب الوراثية محصولاً وتأقلماً مع ظروف منطقة توشكى حيث إجهادات البيئة العالية. كما أظهر الصنف جيزة 429 والسلالة 943 /1159 /93 أعلى كفاءة فى إستخدام مياه الرى مقارنة بالسلالات 84 /785 /502 و 88 /1897 /720 و 93 /977 /938.

(El - Lithy and Abdel - Aal, 2004)

العدس Lentile

أظهر صنف العدس جيزة 9 تفوقاً فى المحصول ومعظم مكوناته على الصنف جيزة 4 تحت ظروف الإجهاد البيئى **(Anaam *et al.*, 2003)**. وأمكن بالانتخاب المنسب إستنباط أربعة سلالات هى؛ سلالة 1، سلالة 2، سلالة 3 و سلالة 4 لتصلح فى صعيد مصر بأسيوط والمطاعنة، حيث أظهرت تفوقاً فى محصول البذرة والصفات المتعلقة عن الصنف جيزة 9 **(Abo - Elwafa *et al.*, 2003)**.

الحمص Chickpea

تتباين أصناف وسلالات الحمص فى تحملها للإجهاد الحرارى. وأعطت التراكيب الوراثية 69 TH 2000 x و 482 ILC و 44 TH 2000 x و 31 TH 2000 x

و x 2000 TH 13 أعلى النيم لمتوسط محصول البذرة تحت ظروف بيئتى مريوط والمغارة التابعة لمركز بحوث الصحراء بمصر مقارنةً بالسلالات x 2000 TH 77 و x 2000 TH 102 و x 2000 TH 168 (Omar *et al.*, 2004). ويتميز صنف الحمص RSG 143 - 1 بمحصول عالى مع أقل ضرر للغشاء الخلوى تحت ظروف الإجهاد الحرارى (**Gupta *et al*, 2003**)

الفول السوداني Peanut

تتميز أصناف الفول السودانى المحلية جيزة 5 و جيزة 6 وجيزة 8 واسماعيلية 1 بمستوى عالي من التحمل لظروف البيئة القاسية. كما كان الصنف الأجنبى ICG 1236 أكثر تحملاً للحرارة العالية، فى حين كانت الأصناف ICGS 44 و Chico أكثر حساسية (**Talwar *et al.*, 2003**).

وقد تميزت أصناف فرچينيا 437 - 55، ICGV 86021و 796، ICGV 86015، ICGV 87003 بإنتاج أعلى محصول من المادة الجافة الكلية وكفاءة إستخدام الماء ولكنها كانت أكثر حساسية للحرارة المرتفعة، مقارنة بالأصنلف الأسبانية 206 - 28، ICGV 87282، 16 - 47 (**Craufurd *et al.*, 1999**).

فول الصويا Soybean

يوصى بزراعة الأصناف كلارك وكتلر 71 بالوجه القبلي لتحملها للحرارة العالية فى حين يوصى بزراعة الصنف كراوفورد بالوجه البحرى. كما أمكن إستنباط الأصناف جيزة 21 وجيزة 35 وجيزة 82 والسلالات H 29، H 15 L4، Dr 101 المتباينة فى خصائصها البيولوچية وإستجابتها للظروف البيئية.

وقد أشارت نتائج الدراسات إلى تفوق الصنف كلارك فى كمية المحصول تحت ظروف الأراضى الرملية حديثة الاستصلاح يليه فى المرتبة الثانية الصنف كراوفورد ثم كولومبس مقارنة بالأصناف McCall، Evans، Hardin (**Atta Allah, 2001**).

القطن Cotton

تتميز أصناف القطن المصرى دندرة (جيزة 31) وجيزة 19 (أشمونى جديد ممتاز) وجيزة 80 وجيزة 82 وجيزة 83 وجيزة 89 وجيزة 90 وجيزة 91 بتحملها للحرارة العالية. كما تتباين أصناف القطن المصرى جيزة 45 وجيزة 70 وجيزة 85 وجيزة 86 وجيزة 88 فى تحملها للإجهاد الحرارى **(Anonymous, 2006)**.

قصب السكر Sugar cane

تتباين أصناف قصب السكر فى تحملها للحرارة العالية. وعند تقييم عشرة تراكيب وراثية من قصب السكر بالمطاعنة بمحافظة قنا، وشندويل بمحافظة سوهاج حيث الحرارة العالية وهى الصنف المحلى واسع الانتشار Co9 وثلاث تراكيب مبشرة هى جيزة 88 /68 وجيزة 393/75 وجيزة 55/87 وثلاث سلالات مسجلة حديثاً هى جيزة 37/85 وجيزة 84 /47 وجيزة 368/75 والمستوردات CP. 65/ 59 و 61/ 49 J و F. 153. تباينت التراكيب الوراثية فى إمكاناتها الوراثية وكان أعلاها فى محصول السكر صنف المقارنة Co9 يليه الصنف L. 61/49 وجيزة 37/85 وجيزة 47/84، فى حين أعطت الأصناف جيزة 368/75 وجيزة 68/88 وجيزة 393/75 أقل مستويات محصول وكانت باقى التراكيب الوراثية وسطاً بينهما **(El - Hinnawy *et al.* 2001)**.

الباب الرابع

السلوك الوراثي لتحمل الحرارة العالية والصفات المرتبطة في بعض المحاصيل الحقلية

الباب الرابع
السلوك الوراثي لتحمل الحرارة العالية والصفات المرتبطة في بعض المحاصيل الحقلية
C :netic behaviour for high temperature tolerance and relevant characters in some field crops

تعتبر دراسة السلوك الوراثى لتحمل الحرارة العالية من الأمور الهامة التى يجب الإلمام بها قبل البدء فى تنفيذ برنامج التربية، حيث يؤثر السلوك الوراثى وطبيعة الفعل الچينى المتحكم فى وراثة التحمل على إختيار طريقة التربية المناسبة. وفيما يلى شرح للسلوك الوراثى المتحكم فى وراثة التحمل للحرارة العالية فى بعض المحاصيل الحقلية.

القمح Wheat

يتعرض محصول القمح إلى درجات الحرارة العالية، لاسيما خلال فترة إمتلاء الحبوب فى عديد من مناطق العالم، ويؤدى ذلك إلى نقص معنوى فى المحصول يتراوح بين 3 - 4٪ لكل واحد درجة مئوية زيادة عن الحدود المثلى «25 - 30°م» لإمتلاء الحبوب **(Chowdhury and Wardlaw, 1978)**. كما يقل دليل الحصاد بنسبة 50٪ أو أكثر سنوياً مع إرتفاع درجة الحرارة من 30 - 40°م فى المناطق المتأثرة بالإجهاد الحرارى **(Paulsen, 1994)**.

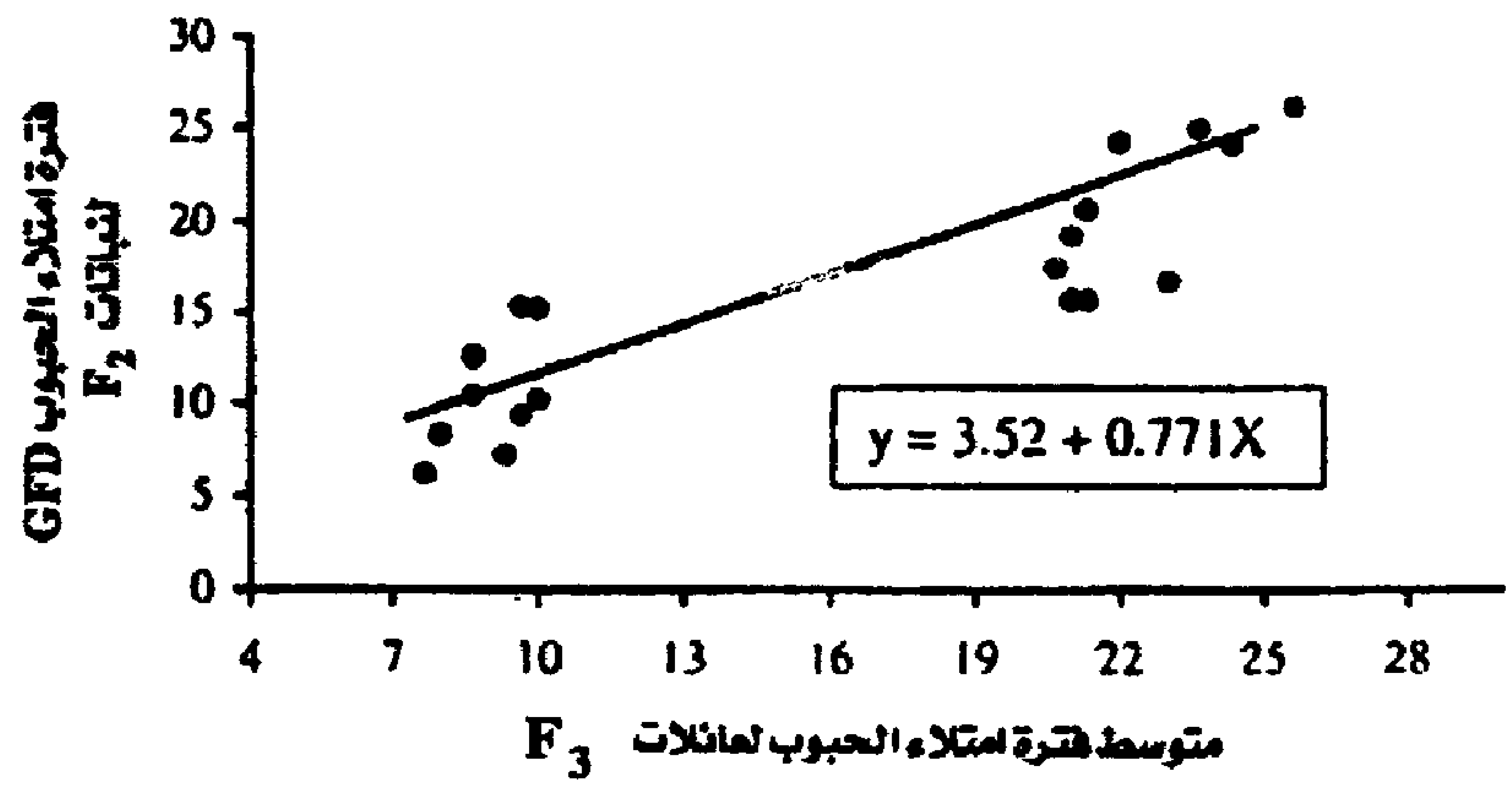
وقد أفادت دراسة المحتوى الچينى فى القمح أن الچينات المسئولة عن مقاومة الإجهاد الحرارى وإنتاج بروتينات الصدمة الحرارية موجودة على الذراع الطويل للكروموسومات 1 B و 7 D **(O' Mahony *et al.*, 2000)**.

وبدراسة الأساس الوراثى لتحمل الإجهاد الحرارى على أساس الثبات الحرارى للغشاء الخلوى لعدد كبير من سلالات القمح. أتضح أن المواقع الچينية المسئولة عن تحمل الحرارة فى الصنف Hope واقعة على الكروموسومات 1A, 2A, 2B, 2D, 3A, 3B, 3D, 5D, 6B **(Xu *et al.*, 1996)**.

وتلعب التأثيرات السيتوبلازمية والتفاعلات النووية – السيتوبلازمية وقوة الهجين دوراً

هاماً فى تحمل الحرارة فى هجن الجيل الأول والأجيال المتأخرة الناتجة من تهجين التراكيب الوراثية المختلفة فى تحمل الحرارة العالية. وقد مثل الفعل الجينى المضيف والسيادى دوراً هاماً فى تحمل الحرارة فى مجموعتين كاملتين من دياليل القمح **(Sun and Xu, 1998)**: وكان التأثير الوراثى المضيف أكثر أهمية فى وراثة تحمل الإجهاد الحرارى على أساس مؤشر إستشعاع الكلوروفيل، ولم يكن للسيادة دور فى دياليل كامل بين ستة أصناف من قمح الخبز **(Moffatt *et al.*, 1990 b)**.

وبالتحليل الوراثى لعشائر الجيل الأول F_1 والثانى F_2 والثالث F_3 للهجين بين الصنف المتحمل للحرارة Ventnor والصنف الحساس Karl 92 وتقدير فترة إمتلاء الحبوب كمؤشر لتحمل الإجهاد الحرارى عند نظام حرارى 30°م نهاراً لمدة 16 ساعة و 25°م ليلاً لمدة 8 ساعات. أظهرت النتائج أن فترة إمتلاء الحبوب فى عشائر الجيل الأول والثانى تتبع التوزيع الطبيعى. وقد إنطبقت التكرارات المشاهدة مع التكرارات النظرية فى عشيرة الجيل الثانى، مع وجود أكثر من زوج من الجينات تحكم وراثة الصفة. وكانت تقديرات كفاءة التوريث فى المعنى العام عالية (80٪) والمدركة Realized (96٪) وفى المعنى الخاص.(β = 0.77) لانحدار عائلات F_3 على F_2 (شكل 2 - 3) **(Yang *et al.*, 2002 b)**.



شكل (2 - 3): إنحدار متوسط فترة إمتلاء الحبوب (GFD) لنسل F_3 المنتخب على نسل F_2 لهجين القمح Karl 92 × Ventnor عند 30 /25°م نهار/ ليل (عن: Yang *et al.*, 2002 b).

الأرز Rice

يتعرض محصول الأرز فى المناطق المرتفعة إلى تأثيرات الحرارة العالية، الأمر الذى يؤثر على حيوية حبوب اللقاح ونسبة العقد وإمتلاء الحبوب. ويؤدى الإجهاد فى مرحلة التزهير إلى نقص فى المحصول قدره 58.2 كجم/ هكتار فى جنوب آسيا.

وتشير الدراسات الوراثية إلى أن معظم التباين الوراثى المتحكم فى تحمل الحرارة يرجع إلى الفعل المضيف للجينات بتقديرات مرتفعة نسبياً لمعامل التوريث (**Yoshida** ***et al.*****, 1982**). وبتحليل الدياليل بين ستة سلالات من الأرز، كانت تأثيرات القدرة العامة والخاصة على الائتلاف عالية المعنوية. وبلغت تقديرات معامل التوريث فى المعنى العام لعدد حبوب اللقاح/ الميسم والنسبة المئوية للحبوب الممتلئة 84٪ و 69٪، على الترتيب لنباتات الجيل الثانى للهجين IR 52 × IR 2006 عند إجهاد حرارى 35 /27°م (**Mackill, 1982**). وكانت تأثيرات القدرة العامة والخاصة على الائتلاف عالية المعنوية لدليل الحساسية للحرارة. وسجلت السلالات المتحملة N 22، IR 2006 و IET 4658 تأثيرات معنوية للقدرة العامة على الائتلاف بلغت 6.80 و 4.08 و 3.02، على التوالى، فى حين سجلت السلالات الحساسة IR 28 و IR 1561 و IR 52 القيم - 3.40 و - 4.92 و - 5.58، على الترتيب. (**Mackill** ***et al.*****, 1982**).

الذرة الشامية Maize

تتأثر نباتات الذرة الشامية بالحرارة العالية أثناء فترة التزهير، الأمر الذى يؤثر ذلك على حيوية حبوب اللقاح، مؤدياً إلى لفحة النورات المذكرة وإحتراق قمة الأوراق ونقص عقد الحبوب.

ويعتبر التبكير وقصر الفترة بين إنتشار حبوب اللقاح وخروج الحريرة مؤشراً لتجنب الإجهاد البيئى. ويلعب الفعل الجينى المضيف الدور الأكبر فى وراثة الصفة. إلا أن تقديرات معامل التوريث فى المعنى الخاص كانت منخفضة (< 30٪) (Al - Naggar *et al.*, 2002 a).

وأظهر التحليل الوراثى لـ 90 هجين وهجين عكسى ناتجة عن التهجين بين 10 آباء

تحت الظروف العادية والإجهاد، أهمية كل من الفعل الچينى المضيف وغير المضيف فى وراثة صفات عدد الأيام من الزراعة وحتى النضج وعدد الثغور ومحتوى البرولين تحت البيئتين، والنسبة المئوية للإنبات ونشاط إنزيم Nitrate reductase تحت ظروف الإجهاد، فى حين كان الفعل الچينى المضيف هو المتحكم فى وراثة طول ووزن وعدد الجذور ومساحة الورقة ومحتوى الكلوروفيل تحت البيئتين **(Nayeem and Mahajan, 2003)**.

الذرة الرفيعة Sorghum

تتعرض نباتات الذرة الرفيعة لدرجات الحرارة العالية تحت ظروف مصر العليا والمناطق الجديدة والمناطق المتأثرة بالإجهاد الحرارى، الأمر الذى يؤدى إلى نقص معنوى فى كمية المحصول.

وقد أشارت الدراسات الوراثية إلى أهمية الفعل الچينى المضيف فى وراثة صفة التبكير فى طرد 50٪ قناديل **(El - Menshawi and El - Bakry, 2004)**. فى حين كان الفعل الچينى السيادى هو المتحكم فى وراثة صفة البقاء أخضر، وقد سلكت النسبة الكبيرة من طول فترة بقاء الورقة خضراء سلوك الصفات ذات السيادة الجزئية **(Oosterom *et al.*, 1996)**. وحصل سليمان **(2004)** على تقديرات متوسطة لمعامل التوريث فى المعنى الخاص للتبكير فى التزهير (36٪) ومنخفضة لعدد الأوراق الخضراء/ نبات (20٪) وإنتاج المادة الجافة (28٪).

هذا وقد سُجلت قوة هجين موجبة ومعنوية لكفاءة التمثيل الضوئى مقارنة بالآباء **(Sinha and Khanna, 1975)**؛ وقوة هجين لصفتى معدل التبادل الغازى، ودرجة التوصيل الثغرى عند درجة حرارة الورقة الأعلى من 38°م فى بعض هجن الذرة الرفيعة **(Blum *et al.*, 1990)**. وكان للفعل الچينى المضيف الدور الأكبر فى وراثة صفة معدل التبادل الغازى تحت ظروف الإجهاد البيئى **(Kidambi, 1987)**، كما كان هو الأكثر أهمية من نظيره السيادى فى وراثة صفة درجة حرارة الورقة تحت كل أنظمة الإجهاد. وتباينت درجة السيادة باختلاف مراحل النمو ومعاملات الإجهاد. فأظهرت صفة درجة حرارة الورقة سيادة فائقة فى معاملة الكنترول، وسيادة كاملة فى معاملة الإجهاد فى

مرحلة ما قبل التزهير وبلغت قيمة معامل توريث الصفة 76.3٪ والتحسين الوراثى المتوقع بالانتخاب (7.8٪) (**Al - Naggar *et al.*, 2002 d**).

الحمص Chickpea

يؤدى تعرض نباتات الحمص لظروف الإجهاد الحرارى، خاصة تحت ظروف نقص الماء إلى نقص كمية المحصول بحوالى 11٪. ويعزى هذا النقص إلى التأثير على إمتلاء القرون ووزن البذور.

وبدراسة الأساس الوراثى لتحمل الحرارة العالية فى محصول الحمص، فقد سلكت وراثة صفات دليل ضرر الغشاء الخلوى ومحتوى الماء النسبى ومعدل فقد الماء سلوك الصفات المندلية البسيطة فى وراثتها، وكان معامل توريثها مرتفع (**Kushwaha *et al.*, 2003**).

الفول السوداني Peanut

يرجع ضرر الحرارة العالية على محصول الفول السودانى إلى نقص إنبات ومعدل نمو الإنبوبة اللقاحية ونقص تراكم المادة الجافة والتأثير على إمتلاء القرون. وتلعب الخصائص الفسيولوجية مثل مساحة الورقة ودليل مساحة الورقة ونسبة مساحة الورقة ومعدل التمثيل الضوئى ومعدل النمو النسبى ومعدل نمو المحصول دوراً هاماً فى تحسين المحصول تحت ظروف الحرارة العالية. وتلعب التأثيرات الوراثية دوراً كبيراً فى التعبير الجينى لهذه الصفات حيث أظهرت قيماً عالية لمعامل التوريث (> 50٪) (**Abd El - Rahman, 2003**)، كما كان المكافئ الوراثى لدليل التبكير مرتفعاً فى إشارة إلى جدوى الانتخاب فى المراحل المبكرة من برنامج التربية (**Ali and Wynne, 1995**).

وتلعب الأحماض الدهنية دوراً هاماً فى حماية النظام الحيوى من الأثر الضار للإجهاد الحرارى. ويلعب التفاعل (مضيف × مضيف) دور رئيسى فى وراثة محتوى الحمض الدهنى غير المشبع الاوليك. ووجد إثنان من الجينات السائدة Ol_1، Ol_2 تتحكم فى المحتوى العالى لحمض الاوليك والنسبة بين الأوليك واللينوليك فى عشائر هجن الفول السودانى (**Moore and Knauft, 1989 and Lopez *et al.*, 2000**).

الباب الخامس

جهود التربية لتحمل الإجهاد الحراري

الباب الخامس

جهود التربية لتحمل الإجهاد الحراري

Breeding efforts for heat stress tolerance

طرق التربية التقليدية Traditional breeding methods

لقد أمكن من خلال مجهودات مربوا النباتات إستنباط مجموعة من أصناف المحاصيل الحقلية المتميزة بخصائص مورفوفسيولوجية وبيوكيماوية تمكنها من تحمل الحرارة العالية. فتحت الظروف المصرية، إستطاع مربى النبات إستنباط مجموعة من أصناف قمح الخبز المتحملة للإجهاد الحرارى مثل جيزة 160 (تكامل) وسدس 1 وجيزة 164 وجيزة 168 وسخا 93 وسخا 94 وجيزة 155 وأصناف قمح المكرونة سوهاج 3 وبنى سويف 1 وبنى سويف 3 وأصناف الشعير جيزة 130 وجيزة 131 وجيزة 2000

ولقد نجح البرنامج القومى لتحسين القمح فى مصر خلال الخمس والعشرين سنة الأخيرة فى زيادة إنتاجية القمح من 3.3 طن للهكتار فى عام 1981 إلى 5.1 طن للهكتار فى عام 1991 إلى حوالى 6.8 طن للهكتار فى عام 2006 بزيادة قدرها 106٪ **(Anonymous, 2006)**

وعالمياً، أمكن فى الولايات المتحدة الأمريكية تحسين ثمانية أصناف من القمح فى الفترة من 1874 - 1994 من خلال الانتخاب لثبات الغشاء الخلوى للبادرات لتحمل الحرارة العالية ومحصول الحبوب ومكوناته **(Assad and Paulsen, 2002)**

وباستعراض التقدمات التى أمكن تحقيقها فى مستويات محصول الاقماح والأقلمة خلال العقود الماضية، فقد وصل التحسين فى محصول الحبوب فى مناطق العالم المختلفة إلى حوالى 0.36٪ السنة فى الفترة من 1860 - 1986 فى أستراليا (**Siddique *et al.*, 1989**)؛ 0.39٪ السنة فى الفترة من 1830- 1986 فى إنجلترا (**Austin *et al.*, 1989**)؛ 0.90٪ السنة فى الفترة من 1950 - 1982 فى المكسيك (**Waddington *et al.*, 1986**)، 0.53٪ السنة فى الفترة من 1911 - 1978 فى محصول [illegible] ربيعى فى

شمال داكوتا بالولايات المتحدة الأمريكية (Deckerd *et al.,* 1985) ومن 0.44 - 0.72٪/ السنة فى الفترة من 1874 - 1994 فى كنساس (Cox *et al.,* 1988 and Donmez *et al,* 2001). وقد أعزيت الزيادة فى محصول الحبوب إلى الصفات المورفولوچية وطراز النبات القصير والأكثر توزيعاً لناتجات التمثيل الغذائى والذى أسهم بصورة فعالة فى زيادة الناتج من وحدة المساحة ودليل الحصاد تحت ظروف الإجهاد (Calderini *et al.,* 1999 and Barutcular *et al.,* 2000).

وفى الأرز، أمكن تطوير وإنتاج أصناف مبكرة النضج تتميز بفترة نمو قصيرة 120 - 135 يوم تتحمل ظروف البيئة غير المواتية مثل جيزة 177 وجيزة 178 وجيزة 182 وسخا 102 وسخا 103 وسخا 104 وهجين 1 وهجين 4، والتى تعتبر من الإنجازات الهامة على المستوى القومى المصرى إذ يوفر ذلك حوالى 30٪ من الاحتياجات المائية للأرز بما يوازى 2.5 - 3 مليار متر مكعب من ماء الرى.

كما أمكن إستغلال قوة الهجين فى إنتاج عديد من هجن الذرة الشامية الفردية والثلاثية والزوجية عالية التحمل لظروف البيئة غير المواتية وكذا هجن الذرة الرفيعة الفردية مينا وحورس والأصناف شندويل 2 وشندويل 6 ذات عرش أبرد ومعدل تمثيل ضوئى ومحصول عالى تجود تحت ظروف الوجه القبلى.

وقد لعبت برامج التربية دوراً هاماً فى تحسين المحتوى المائى فى أصناف فول الصويا وتجنب إنخفاض معدلات التمثيل الضوئى والأنشطة الفسيولوچية الأخرى التى تحدث فى الأصناف القديمة، وقد شجع ذلك [illegible] زراعة فول الصويا تحت ظروف الحرارة المرتفعة كما فى الأصناف كلارك وكراوفورد وكولومبس (Atta Allah, 2001).

كما لعب التهجين الرجعى دوراً هاماً فى نقل صفة المقاومة للحرارة من سلالة القطن المتحملة 7456 التابعة لـ *G. barbadense* إلى السلالة الحساسة Paymaster 404 التابعة لـ *G. hirsutum*. عن طريق تهجين السلالة الحساسة Paymaster 404 بحبوب لقاح الأب المعطى 7456 بعد تعريضها لمدة 15 ساعة لدرجة حرارة 35°م. ومن خلال سلسلة من التهجينات الرجعية مع الأب Paymaster 404، أمكن إنتخاب عدد من

التوليفات الوراثيــة المتحمــلة للحــرارة العالية (Rodriguez - Gary and Barrow, 1988).

وقد أسهم التهجين الصنفى فى إستنباط أصناف القطن جيزة 75 وجيزة 76 وجيزة 77 وجيزة 80 وجيزة 83 وجيزة 89 وجيزة 90 وجيزة 91 لتصلح للزراعة تحت الظروف البيئية الأقل ملاءمة.

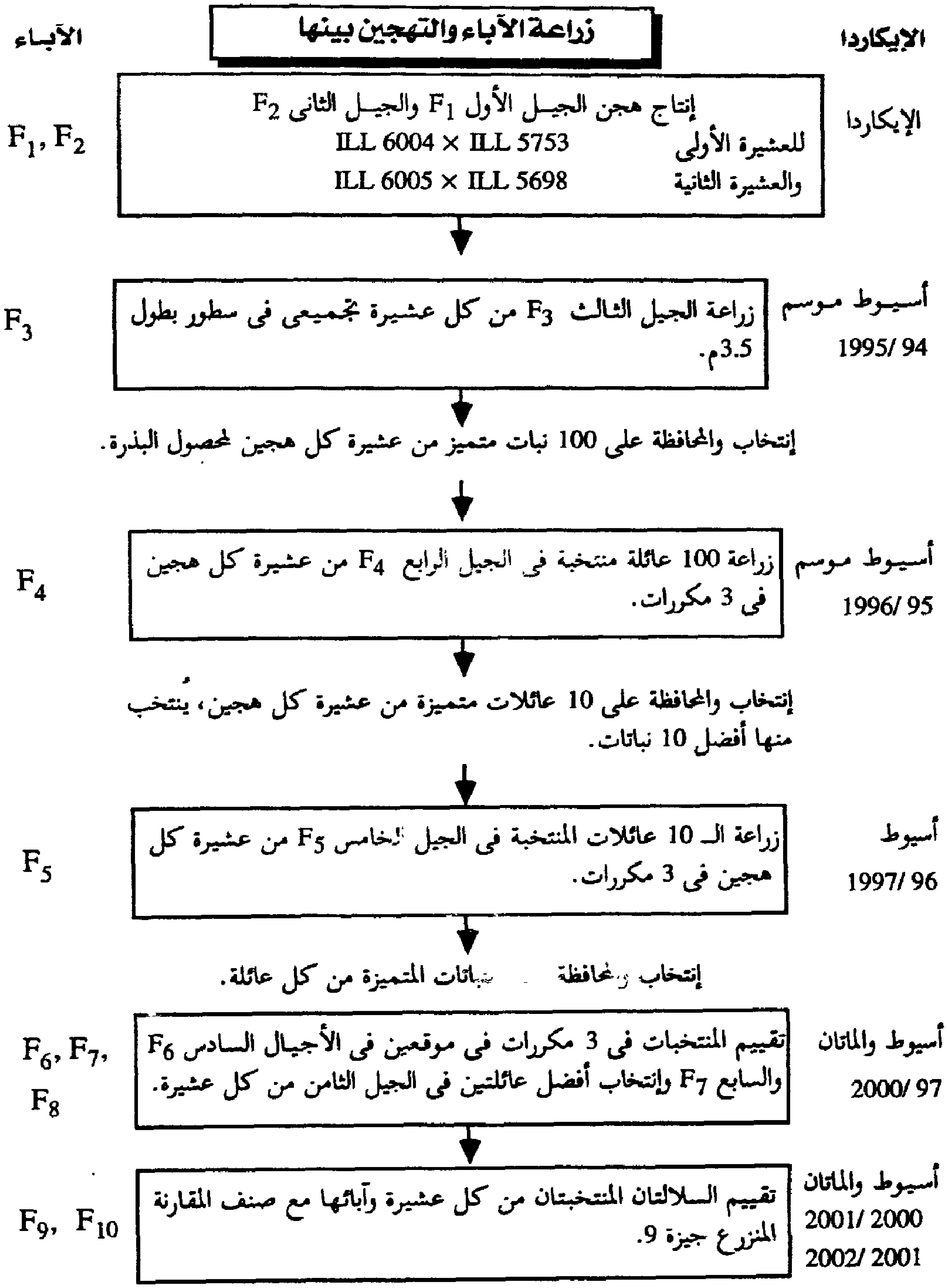
وبالانتخاب المنسب وإستخدام الواسمات الجزيئية أمكن إستنباط سلالات جديدة من محصول العدس هى سلالة 1 ، سلالة 2 ، سلالة 3 وسلالة 4، تفوقت على صنف المقارنة جيزة 9 فى المحصول والصفات المرتبطة، لتصلح فى أسيوط والمطاعنة بصعيد مصر. وأفادت تقنية RAPD - PCR فى تعريف وتمييز سلالات العدس المبشرة (Abo - Elwafa *et al.*, 2003). ويوضح شكل (2 - 4) خطوات برنامج الانتخاب المنسب فى العدس.

دور التقنية الحيوية في تحسين تحمل الإجهاد الحراري :

Role of biotechnology in improving heat stress tolerance

طبقاً للتحليلات والدراسات المناخية، فإن التغير فى ظروف المناخ والارتفاع المستمر فى درجة حرارة الغلاف الجوى تؤثر بلاشك على إنتاجية كثير من أصناف المحاصيل المنزرعة. ولذلك يجب الإهتمام باكتشاف وإستخدام چينات واليلات جديدة تستطيع مقاومة الإجهاد الحرارى وتحسين كفاءة طرق التربية والانتخاب باستخدام الواسمات الجزيئية واتباع تقنيات نقل الچين. وعلى ذلك، فإن هناك توجهات جديدة فيما يتعلق بتكنولوچيا التحوير الوراثى فى محاصيل الحبوب، يمكن سردها فى الآتى :

1- تحسين طرق الانتخاب وكفاءة الچينات المختارة.
2- التحديد الدقيق للمواقع الوراثية الخاصة بمقاومة الإجهاد الحرارى.
3- التعمق فى دراسة التركيب والشكل الفراغى (Topography) للچينوم لمعرفة أفضل المواقع لإدخال الچينات.
4- التعرف على مواقع التحكم الوراثى بشكل أفضل.
5- تحسين إمكانية نقل القطع الكبيرة من المادة الوراثية.
6- التمثيل الوراثى (Genotype modelling) للأصناف المنزرعة فى بيئات محددة.



شكل (2 - 4): رسم تخطيطي لبرنامج إستنباط سلالات جديدة من العدس

1 - معلمات دنا DNA - markers

تفيد المعلمات الجزيئية في تحديد مواقع الجينات والأليلات المرتبطة بمقاومة الإجهاد الحراري. فقد أفادت تقنية الـ PCR في تشخيص وعزل جين *GPAT* المشفر لإنتاج الأحماض الدهنية Trienoic المرتبطة بالأقلمة للحرارة العالية وتأكيد إنتقاله **(Verma and Santha, 2003)**. وأمكن تعيين 83 جين كامل التتابع و 89 جين غير كامل كلياً لنباتات القمح والذرة والشعير والأرز، مسئولة عن إنتاج بروتينات الصدمة الحرارية، وتحديد عدد كبير من الجينات النظيرة المشابهة في تركيبها لهذه البروتينات وخاصة بروتين *HSP 70* و *HSP 90* **(Lee and Schöffl 1996 and Lee and Vierling 2000)**.

وقد أمكن توظيف خمسة بوادئ في تمييز الاختلافات الوراثية بين أصناف القمح سوهاج 1 وجميزة 1 وسخا 69 وجيزة 167 والتباينات الجسدية المختلفة Somaclones الناتجة عنها والمتباينة في تحملها للإجهاد الحراري. وأمكن بتقنية الـ RAPD الحصول على 42 تضاعف Amplifications كانت جميعها متعددة المظاهر Polymorphic (جدول 2 - 2) وتراوح التماثل بين أصناف القمح والتباينات الجسدية بين 41.3 إلى 84.8٪ **(Barakate *et al.*, 2004)**.

جدول (2 - 2): عدد التضاعفات Amplifications والنواتج متعددة المظاهر باستخدام خمسة بوادئ في أصناف القمح وتبايناتها الجسدية

عدد البوادئ	تتابع النيوكليوتيدات (5 - 3)	عدد النواتج المتضاعفة a	عدد النواتج متعددة المظاهر b	نسبة a/b (٪)
1	GACCGCTTGT	10	10	100%
2	GGGTAACGCC	8	8	100%
3	TCGGCGATAG	6	6	100%
4	AGCCAGCGAA	15	15	100%
5	AGGTGACCGT	3	3	100%

(عن: **Barakate *et al.*, 2004**).

وقد أفادت معلمات الـ RAPD - PCR فى التعرف على وتمييز سلالات من العدس مستنبطة حديثاً، حيث ظهرت الحزم الجديدة 1078 bp فى السلالة 3 و 1355 bp فى السلالة المنتخبة 4. وأعتبرت الحزم 3636 bp و 1127 و 1066 و 560 و 965 و 2805 واسمات جزيئية موجبة للسلالات ,ILL 5753, ILL 6005, Line 4, Line 3, Line 2 ILL 6004، على الترتيب. وأشار التحليل الوراثى، أن قيم التماثل العالية تعزى إلى قلة الاختلافات الوراثية بينهم لاشتراكم فى المنشأ ضمن برنامج التربية (Abo - El-wafa *et al.*, 2003).

2 - تقنية نقل الجين Gene transfer technology

يفيد إستخدام تكنيكات الهندسة الوراثية ونقل الجين بنجاح فى تحوير التعبير الچينى لبعض بروتينات الصدمة الحرارية Heat shock proteins *(HSPs)* وچينات المقاومة فى بعض النباتات الاختبارية (Model plants). كما أمكن إستخدام چينات واليلات جديدة من أنواع نباتية وغير نباتية ونقلها إلى الأصناف المرغوبة. فقد تمكن علي وآخرون (1992) من إنتاج خلايا ونباتات قمح مقاومة للحرارة بمعاملة كالوس أصناف القمح جيزة 157 وسخا 69 وسوهاج 2 بـ د. ن. أ المعزول من *Bacillus sp* عند 35°م و 40°م، حيث أعطى الصنف سوهاج 2 أعلى نسبة من النباتات المتحولة وراثياً المقاومة للحرارة عند 40°م يليه الصنف جيزة 157 ثم سخا 69. وتشير نتائج الدراسة إلى أن التحسين الوراثى لتحمل الحرارة يمكن الوصول إليه بسرعة وكفاءة تعادل خمسة أضعاف مقارنة بالطرق التقليدية.

كما أمكن إستخدام الچينات المنظمة لتعبير بروتينات الصدمة الحرارية *(HSPs)* وإستخدام مكونات الإشارة الخلوية Cellular signals لزيادة المقاومة.

وتشير الاتجاهات البحثية الحديثة إلى نجاح الحصول على نباتات وسلالات متحولة وراثياً بالچين المتحكم فى محتوى الأحماض الدهنية غير المشبعة Trieonic المرتبط بالأقلمة للحرارة العالية (Iba, 2003) والحصول على نباتات من المحاصيل الحقلية معدلة وراثياً من خلال تحريك شطية چين *GPAT* Glycerol - 3 - phosphate acyltransfe-rase المسمى بـ *"GPAT; EC 2. 3. 1. 15"* من الكانولا *Brassica juncea*. وأفادت

تقنية الـ PCR في نقل وتأكيد إندماج الجين. ويفتح ذلك المجال لتطوير تركيب رستوى ليبيدات النبات لإنتاج نباتات متحملة للحرارة (Verma and Santha, 2003).

وجدير بالذكر، فإن دراسة التعبير الجيني ومعرفة التتابعات الوراثية في أنواع المحاصيل الهامة مثل الذرة والقمح والأرز والسورجم ساعد في التعرف السريع على تركيب الجينات المختلفة بما في ذلك جينات المقاومة للإجهاد الحراري. وبالطبع فإن البحث في قواعد البيانات المختلفة لدراسة هذه التتابعات لا يحتاج إلى تصريح وهو متاح للجميع كما أن وجود التتابع الكامل لجينوم نبات الأرابيدوبسيس والأرز قد ساعد في تقدير ومعرفة التتابعات المختلفة في قواعد البيانات.

فقد أستطاع الباحثون اليابانيون تطوير خريطة وراثية كبيرة للأرز تشمل معظم التتابعات الوراثية بما في ذلك الدنا المكمل (cDNA).

ويجدر الإشارة إلى أن هناك هيئات علمية كبيرة بالولايات المتحدة مثل USDA, NSB, DOE ساعدت على تدعيم ثلاث مجموعات علمية هناك للانضمام إلى هذا المشروع الدولي لدراسة جينوم الأرز. كما أن هناك شركات علمية مثل (Monsanto) و Syngeta أعلنت حديثاً عن حصولها على النسخة الأولية من جينوم الأرز.

ولقد أشار **Jeon** وآخرون **(2000)** أن وجود الخرائط الوراثية والتتابعات الجينومية والنباتات الطافرة في الأرز قد جعلت منه نباتاً نموذجياً رائعاً لدراسة مقاومة الإجهاد الحراري. ونظراً للتشابه والقرابة الوراثية بين أفراد العائلة النجيلية، فسوف يساعد ذلك على نقل الجينات الوراثية بينها بسهولة باستخدام الهندسة الوراثية وبالتالي الحصول على محاصيل حبوب ذات مقاومة أعلى للإجهاد الحراري.

3 - تقنية زراعة الأنسجة Tissue culture technology

أمكن في الآونة الأخيرة توظيف مزارع الأنسجة بنجاح في دراسة تحمل المحاصيل للإجهاد الحراري وإنتاج سلالات مقاومة للحرارة المرتفعة. فقد أمكن تحديد الاختلافات الوراثية في تحمل الحرارة على مستوى مزارع الخلايا وعلى مستوى النبات الكامل في

ثلاث أصناف من القمح، عن طريق إخضاع معلق مزارع الخلايا لإجهاد حرارى 37°م لمدة 24 ساعة أو 50°م لمدة ساعة وإستخدام مادة 2، 3، 5 – ترای میثيل تترازوليم كلوريد أو Fluorescein diacetate لإختبار حيوية الخلايا. حيث أعطى الاختبارين على مستوى مزارع الخلايا نتائج مماثلة للاستجابة على مستوى النبات الكامل. وأظهر تحليل بروتينات الصدمة الحرارية HSP فى الصنفين ND 7532 و TAM 101 تخليق كمية كبيرة من بروتينات الصدمة الحرارية ذات الوزن الجزيئى 16 و KDa 17 مقارنة بالتركيب الوراثى الحساس عند 37°م لمدة 5 ساعات. هـذا وقد أختلف تخليق بروتينات الصدمة الحرارية ذات الوزن الجزيئى 22 و 23 KDa باختلاف الأصناف ومعاملات الحرارة **(Wang and Nguyen, 1989)**.

وقد قام **Lashermes ومساعدوه (1991)** بزراعة متوك ثمانى هجن من قمح الخبز تحمل الكروموسوم 1B/ 1R translocation لدراسة مدى الأقلمة لظروف الإجهاد البيئى. حيث أُخذت المتوك فى مرحلة البلعمة Booting stage وعُقمت سطحياً وزرعت على بيئة مراشج وسكوج (MS) مضافاً إليها 2 ملليجرام/ لتر من D - 2,4 تحت نظام حرارى 23°م نهاراً و 17°م ليلاً بالتتابع مع 18°م نهاراً و 12°م ليلاً. وأختبر إحلال المالتوز محل السكروز كمصدر للكربون فى البيئة الغذائية. وقد أظهرت النتائج تباين إستجابة هجن القمح لزراعة المتوك وأمكن الحصول على أعلى نسبة من النباتات المتجددة من التوليفات المحتوية على الكروموسوم 1B/ 1R. وتميز التركيب الوراثى Very/ Sunbird × Seri 82 بقدرة عالية على الاستيلاد عند تنمية النباتات على درجة حرارة 18 /12°م مع استخدام بيئة السكروز.

كما أفادت تقنية زراعة الأجنة فى التعرف على سلالات القمح المتحملة لدرجة الحرارة العالية، حيث قام **بركات وآخرون (2004)** بدراسة تأثير درجة الحرارة العالية على الخلايا الناتجة من زراعة الأجنة الناضجة لأربعة أصناف من القمح هى؛ سوهاج 1، جميزة 1، جيزة 167، وسخا 69 والتى عرضت لدرجة حرارة 35°م على فترات بهدف الإنتخاب تحت معاملات الإجهاد الحرارى الآتية:

H_1 = المقارنة (25 ± 2°م).

H_2 = 10 ساعات تعريض مستمر على 35°م.

H_3 = 3 ساعات تعريض فى اليوم على 35°م بإجمالى 75 ساعة.

H_4 = 3 ساعات تعريض فى اليوم على 35°م بإجمالى 81 ساعة.

H_5 = 3 ساعات تعريض فى اليوم على 35°م بإجمالى 99 ساعة.

وأظهرت النتائج ما يلى :

1- تأثر وزن الكالوس معنوياً باختلاف التركيب الوراثى.

2- وجدت فروق عالية المعنوية فى صفة الكالوس المكون للأجنة الجسمية وتكوين المجاميع الخضرية بين كلٍ من التراكيب الوراثية والمعاملات الحرارية (جدولى 2 - 3 و 2 - 4) وكان التفاعل بينهما غير معنوى.

3- أعطى الصنفان جميزة 1 وجيزة 167 أعلى نسبة مئوية من الكالوس الجنينى المتكون (32.49٪) و (32.39٪)، على الترتيب خلال المعاملات الحرارية المختلفة، فى حين أعطى الصنف سخا 69 أقل نسبة (11.47٪)، كما أعطى الصنف جميزة 1 أعلى متوسط لتكوين المجاميع الخضرية (20.01٪) خلال المعاملات الحرارية، متفوقاً بذلك على جميع الأصناف.

جدول (2 - 3): متوسط صفات أصناف القمح على مستوى In vitro

الصنف	صفات الـ In vitro		
	وزن الكالوس	٪ للكالوس الجنيني المتكون a	٪ للمجاميع الخضرية المتكونة a
جميزة 1	2.18 a	32.49 a	20.01 a
سوهاج 1	1.18 bc	23.57 b	11.66 b
جيزة 167	0.78 c	32.39 a	15.09 b
سخا 69	1.59 b	11.47 c	4.77 c

a: تم تحويل البيانات إلى قيم Arcsine scale.　　(عن: Barakat *et al.*, 2004).

جدول (2 - 4): متوسط صفات الـ In vitro وتأثرها بمعاملات الإجهاد الحراري

معاملات الإجهاد الحراري	صفات الـ In vitro		
	وزن الكالوس	% الكالوس الجنيني المتكون a	% للمجاميع الخضرية المتكونة a
H_1	1.41 a	31.41 a	20.61 a
H_2	1.34 a	23.58 b	10.43 b
H_3	1.32 a	18.28 b	9.43 b
H_4	1.72 a	25.58 a	9.78 b
H_5	1.37 a	26.05 a	14.15 b

H_1 = المقارنة (25 ± 2°م).

H_2 = 10 ساعات تعريض مستمر على 35°م.

H_3 = 3 ساعات تعريض في اليوم على 35°م بإجمالي 75 ساعة.

H_4 = 3 ساعات تعريض في اليوم على 35°م بإجمالي 81 ساعة.

H_5 = 3 ساعات تعريض في اليوم على 35°م بإجمالي 99 ساعة.

a: القيم ذات الحروف المتشابهة تشير إلى عدم وجود فروق معنوية (عن: Barakat *et al.*, 2004).

الباب السادس

العلاقة بين المحصول وتحمل الإجهاد الحراري

الباب السادس

العلاقة بين المحصول وتحمل الإجهاد الحراري

Relationship between yield and heat stress tolerance

تعانى معظم المحاصيل الحقلية فى المناطق الجافة وشبه الجافة من تأثيرات الإجهاد الحرارى. حيث تعتبر الحرارة العالية من المحددات البيئية المؤثرة على القدرة المحصولية لأصناف المحاصيل كماً ونوعاً.

فعلى سبيل المثال، يعتبر تعرض نبات القمح للحرارة المرتفعة خلال فترة نشوء الإزهار واستمرار الإجهاد الحرارى بعد طرد النورات، من الظواهر متكررة الحدوث المودية إلى فشل إنتاج المحصول. حيث يؤدى تعرض المحصول للرياح الساخنة ولو لفترة قصيرة إلى نقص محسوس فى خصوبة السنبلة وتشجيع تكوين الأعضاء الثمرية والاتجاه للنمو الثمرى خلال فترة قصيرة، بدون أى زيادة فى صافى التمثيل الضوئى ومن ثم نقص إمتلاء الحبوب بمدى تراوح من 38 - 45٪.

وقد أشارت نتائج الدراسات، أن تأثير الإجهاد الحرارى نتيجة تأخير ميعاد الزراعة من 15 نوفمبر إلى 15 ديسمبر كان بسيطاً على صفات عدد الأيام من الزراعة وحتى طرد السنابل، عدد سنابل المتر المربع وارتفاع النبات. فى حين كان تأثير الإجهاد الحرارى أكثر وضوحاً فى تأثيره على إختصار عدد الأيام حتى النضج ووزن الحبوب، تحت ظروف منطقة مصر العليا **(Abdel - Shafi *et al.*, 1999)**.

علاوة على ذلك، تؤدى الحرارة العالية إلى نقص تجزئ نواتج التمثيل بين السيقان والأوراق والجذور ونقص دليل الحصاد، كما ينخفض نشاط إنزيم تخليق النشا ومن ثم محتوى حبوب القمح من النشا **(Prakash and Ghildiyal, 2003)**.

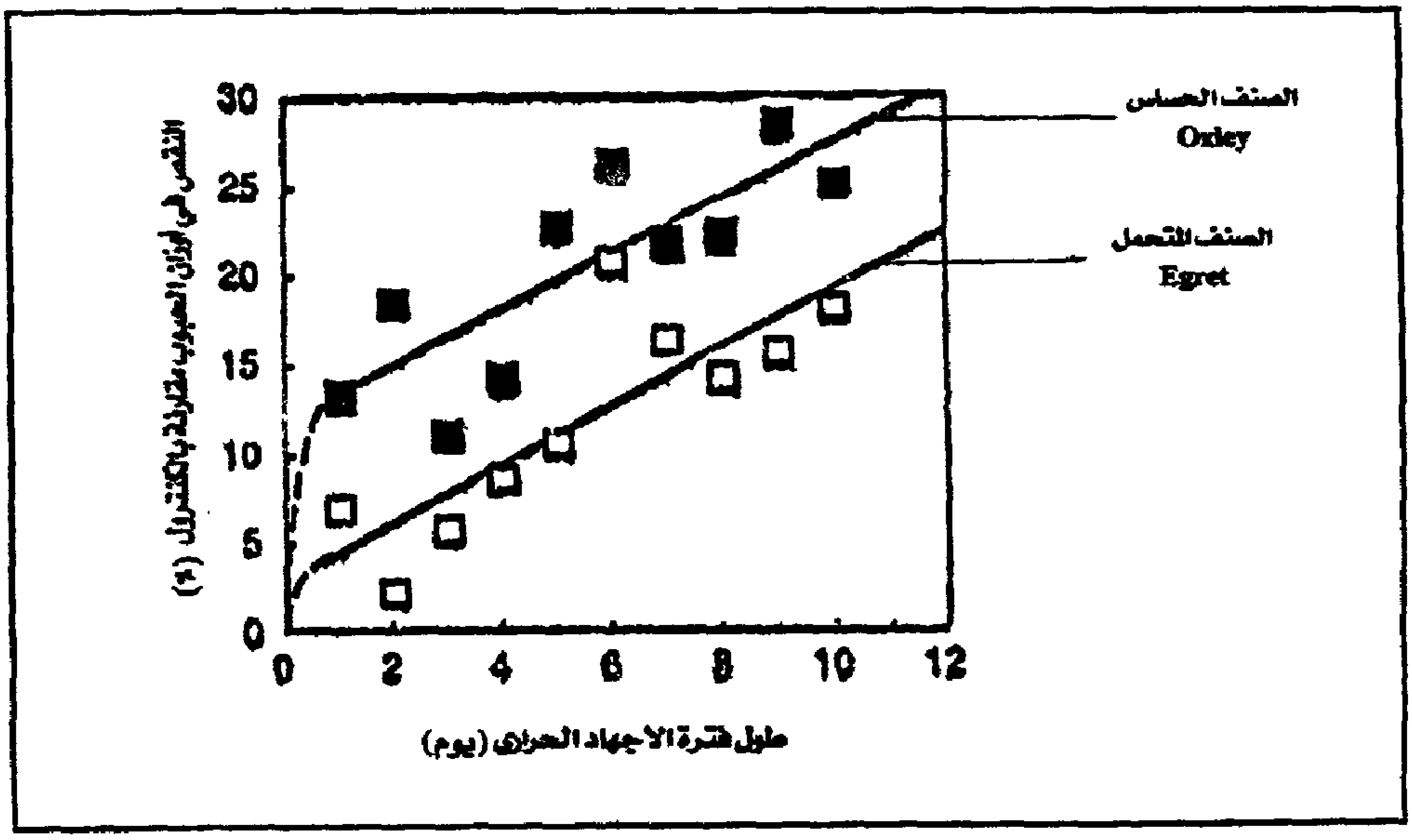
ومن الدراسات الفريدة فى هذا المجال، ما قام به **Stone and Nicolas (1998)** بدراسة تأثير طول مدة الإجهاد الحرارى أثناء فترة إمتلاء الحبوب على تراكم المادة الجافة والتجميع الجزئى للبروتين على صنفين من القمح يختلفان فى تحمل الإجهاد الحرارى هما Egret المتحمل و Oxley الحساس، عرضاً لإجهاد حرارى بنظام 49°م نهاراً و

19°م ليلاً على فترات من 1 - 10 أيام وخضعت نباتات المقارنة لدرجة حرارة 21°م نهاراً و 16°م ليلاً. وقد أشارت النتائج إلى ما يلى :

1- عدم تأثر عدد الحبوب معنوياً بدرجة الحرارة العالية فى كل من الصنفين إلا أن وزن حبوب الصنفين قد إختلف معنوياً مقارنة بالكنترول.

2- ظهرت علاقة خطية قوية بين طول فترة الإجهاد الحرارى والنسبة المئوية للانخفاض فى وزن الحبة فى الصنفين. وتأثر وزن الحبوب بصورة واضحة فى الصنف الحساس Oxley عن الصنف المتحمل Egret.

3- تسببت معاملة الفترة الأولى، بعد يوم واحد من التعرض للإجهاد فى خفض وزن الحبوب بنسبة 14٪ فى الصنف الحساس Oxley، بينما كانت نسبة الانخفاض فى الصنف المتحمل Egret 5٪ فقط. ومن المدهش أن ميول إنحدار نسبة النقص فى وزن الحبوب على طول فترة الإجهاد كان متماثلاً للصنفين بمقدار 1.6٪ نقص لكل يوم زيادة فى التعرض لدرجة الحرارة العالية. وعلى ذلك فإن اليوم الأول من التعرض للحرارة العالية يبدو أنه هو الذى يسبب الفروق بين الصنف المقاوم والصنف الحساس (شكل 2 - 5).



شكل (2 - 5): تأثير طول فترة الإجهاد الحراري علي نسبة النقص في وزن الحبوب في صنفي القمح ■ Oxley الحساس و □ Egret المتحمل مقارنة بالكنترول

ويتأثر محصول القمح معنوياً بالتعرض للصدمة الحرارية. فقد قام **Yang** ومساعدوه **(2002a)** بدراسة تباين مجموعة من ستة أصناف من قمح الخبز في معدل الاستفادة من نواتج التمثيل خلال مرحلة النضج تحت تأثير نظم مختلفة من الإجهاد الحرارى كانت على النحو التالى:

1- الصدمة الحرارية Heat shock stress على 40°م نهـاراً (لمدة 16 ساعة) و 35°م ليلاً (لمدة 8 ساعات).

2- معاملة الإجهاد الحرارى المزمن Chronic heat stress على 30°م نهـاراً (لمدة 16 ساعة) و 25°م ليلاً (لمدة 8 ساعات).

3- معاملة الكنترول (المعاملة المثلى) على 20°م نهاراً (لمدة 16 ساعة) و 15°م ليلاً (لمدة 8 ساعات) .وخلص الباحثون إلى النتائج الآتية (جدول 2 - 5):

1- أدت معاملة الصدمة الحرارية متبوعة بمعاملة الكنترول إلى نقص معنوى فى إنتاجية جميع الأصناف، إلا أن مستويات محصول الأصناف المتحملة Ventnor و Debeira و Trigo 3 كان أعلى مقارنة بباقى التراكيب الوراثية الأخرى. ويعزى ذلك إلى أن عودة النباتات للظروف المثلى قد مكنت نظام التمثيل الضوئى من إستعادة نشاطه من أى ضرر خلال معاملة الصدمة الحرارية إلى جانب الاستفادة من المواد الممثلة الجارية، لاسيما فى الأصناف المتحملة.

2- أدت معاملة الصدمة الحرارية متبوعة بمعاملة الإجهاد الحرارى المزمن إلى إختزال الفروق بين الأصناف المدروسة، وكان أكثرها تحملاً الصنف Trigo 3.

3- أعطت الأصناف الثلاث Ventnor و Debeira و Trigo 3 المتميزة فى محصول الحبوب تحت مستويى درجات الحرارة المثلى والإجهاد الحرارى المزمن، قيم منخفضة في دليل الحساسية للحرارة "HSI" عند نظام الإجهاد الحرارى المزمن، إلا أن قيم دليل الحساسية للحرارة قد زادت مع معاملة الصدمة الحرارية المتبوعة بالمعاملة المثلى وتجاوزت الوحدة فى الصنف Debeira، ولكنها خفضت قيم دليل الحساسية للحرارة فى الأصناف Sonora 64 و Chinese Spring و Karl 92.

4- كانت معظم الأصناف متميزة الأداء تحت تأثير الإجهاد الحرارى المزمن، متفوقة فى المحصول ومنخفضة فى «HSI» وقد أُعزى ذلك إلى مساهمة نواتج التمثيل وتحريك الاحتياطى من الكربوهيدرات المخزنة بالساق لتدعيم فترة إمتلاء الحبوب.

جدول (2 - 5): سلوك ستة أصناف من قمح الخبز في صفتي محصول الحبوب ودليل الحساسية للحرارة (HST) عند 20 /15، 25/30 و35/40°م متبوعة بـ20 /15أو 30 /25°م خلال النضج

التركيب الوراثي	محصول الحبوب				دليل الحساسية للحرارة HSI		
	20/15	30/25	40/ 35		30/25	40/ 35	
			20/ 15	30/25		20/ 15	30/25
	جم/ سنبلة						
Ventnor	1.84	1.65	1.45	0.70	0.426	0.800	1.081
Debeira	1.85	1.58	1.26	0.67	0.602	1.204	1.113
Trigo 3	1.87	1.62	1.52	0.86	0.551	0.706	0.942
Sonora 64	1.37	0.89	0.90	0.70	1.444	1.295	0.853
Chinese Spring	1.55	0.87	1.13	0.63	1.808	1.023	1.035
Karl 92	1.46	0.92	1.05	0.68	1.525	1.060	0.932
Mean	1.66	1.26	1.22	0.71	1.060	1.010	0.990
LSD 0.05	0.22	0.49	0.17	0.11	0.365	0.231	0.124

(عن، Yang *et al.*, 2002 a).

وفى الفول السودانى، وعند دراسة تأثير النظام الحرارى 27°م و 34°م على سلوك خمسة أصناف تابعة للمجموعة الأسبانية ، وثلاث من أصناف فرجينيا توصل **كراوفورد وآخرون (1999)** إلى النتائج الآتية (جدول 2 - 6) :

1- تميزت أصناف فرجينيا فى معدل تراكم المادة الجافة الكلية وإستهلاك الماء وكفاءة إستخدام الماء، إلا أنها كانت أكثر حساسية للحرارة العالية مقارنةً بالأصناف الأسبانية.

2- أدت زيادة الإجهاد الحرارى من 27 إلى 34°م إلى نقص معنوى فى معدل تراكم

المادة الجافة وكفاءة إستخدام الماء وزيادة معنوية فى قيم Δ (والتى تقيس الفرق فى $^{13}C/^{12}C$ للهواء وعرش أوراق النبات)، فى حين زادت معنوياً المساحة النوعية للورقة. وتمثل هذه الخاصية أحدى ميكانيكيات الأقلمة، فالأوراق الرقيقة (الأقل سمكاً) Thinner تكون أقدر على تشتيت الحرارة بطريقة أفضل من الأوراق السميكة Thicker تحت ظروف الحرارة المرتفعة. ويدل هذا على أهمية الإنتخاب لصفة الأوراق الرقيقة فى برامج التربية لتحمل الإجهاد الحرارى.

3- لم يكن للنظام الحرارى تأثير معنوى على إستهلاك الماء فى الأصناف الأسبانية، بينما نقص إستهلاك الماء معنوياً فى أصناف فرجينيا.

جدول (2 - 6): تأثير الحرارة على المادة الجافة الكلية وإستهلاك الماء وكفاءة إستخدام الماء (WUE) والمساحة النوعية للورقة (SLA) والنظائر المشعة التمييزية (Δ) في الفول السوداني

درجة الحرارة	النوع النباتي	المادة الجافة الكلية	إستهلاك الماء	كفاءة إستخدام الماء WUE	المساحة النوعية للورقة SLA	قيم Δ لنظير الكربون
		g plant 1	kg plant 1	g kg 1	Cm^2 g^{-1}	× 10^3
27°م	Spanish	94	30.6	2.8	241	21.20
	Virginia	143	40.0	3.4	247	20.52
34°م	Spanish	87	32.0	2.4	289	23.51
	Virginia	96	35.3	2.4	268	23.41
	SEd t	4.9	1.65	0.11	7.68	0.226

SE d t، الخطأ القياسي لمقارنة الفروق بين الطرز النباتية بدرجات حرية 1، 124، عدا صفة Δ عند 1، 31 درجة حرية.

(عن: Craufurd *et al.*, 1999)

وتجدر الإشارة إلى أهمية مكونات النمو فى تخفيف أثر الإجهاد الحرارى وتحسين محصول البذرة فى البقوليات البذرية مثل الحمص، ولوبيا العلف وقد أتضحت أهمية

صفات النمو مثل الوزن النوعى للورقة ودليل مساحة الورقة ومعدل النمو النسبى فى المساهمة فى كمية المحصول والإنتاج الكلى من المادة الجافة Total biomass. وتميزت الأصناف متوسطة التبكير بأداء جيد ومتوسط سلوك أفضل مقارنة بالأصناف المبكرة أو المتأخرة (**Singh *et al.*, 2003 a**)، إلا أنه مع إستمرار الإجهاد الحرارى وشدته، تتأثر معنوياً جميع الصفات المحصولية متمثلة فى عدد قرون النبات وعدد بذور القرن ووزن المائة بذرة (**Rao *et al.*, 2003**).

وتدل هذه النتائج على ضرورة تجنب تأثيرات الحرارة العالية على الفترات الحرجة لنمو وتطور المحصول عن طريق زراعة الصنف الأكثر تحملاً للإجهاد الحرارى فى الميعاد المناسب مع إتباع برامج التسميد والرى المناسبة.

الباب السابع

تقييم التراكيب الوراثية لتحمل الإجهاد الحراري

الباب السابع

تقييم التراكيب الوراثية لتحمل الإجهاد الحراري

Evaluation of genotypes for heat stress tolerance

من البديهى أن تقييم المصادر الوراثية تحت ظروف الحقل الطبيعية يبدو من الصعوبة لعدم إمكانية التحكم فى درجات الحرارة ونسبة الرطوبة بالإضافة إلى تداخل الفعل بين تأثيرات الحرارة ونقص محتوى رطوبة التربة المؤدى إلى حدوث الجفاف.

ويتطلب تقييم التراكيب الوراثية للحرارة العالية إجراء إختبارات التقييم تحت ظروف محكمة؛ فى المعمل أو فى غرف النمو أو البيوت المحمية. هذا إلى جانب عملية التقييم الحقلى باختيار مواعيد زراعة تواكب وصول النباتات عند المراحل الحرجة من النمو فترات من الإجهاد الحرارى البيئى.

أولاً: التقييم المعملي Evaluation under laboratory conditions

ترتبط قدرة البذور على الإنبات والتطور تحت ظروف الإجهاد الحرارى بقدرة النباتات البالغة على تحمل الحرارة العالية. حيث يمكن تقييم سلالات وأصناف المحاصيل معملياً بزراعتها فى فوط ورقية فى أطباق بترى وتقدير بعض المؤشرات السريعة مثل النسبة المئوية للإنبات ومعدلات نمو وقوة البادرات.. وغيرها، تحت ظروف إجهاد حرارى صناعى. فعند تعريض بادرات تراكيب وراثية مختلفة من الذرة الشامية لدرجات حرارة مرتفعة 52°م و 54.5°م لمدة 6 ساعات فى المعمل. أرتبطت درجة الضرر لبادرات الذرة الشامية عند 54.5°م، مع درجة إحتراق الأوراق Leaf firing فى النباتات المعرضة للإجهاد تحت الظروف الحقلية (**Kilen and Andrew, 1969**).

1- التقييم تحت ظروف غرف النمو Growth chambers

يجرى تقييم التراكيب الوراثية لأنواع المحاصيل بزراعتها تحت ظروف محكمة فى غرف النمو. وقد أفادت فى تقييم مجموعة من تراكيب القمح الوراثية للإجهاد الحرارى

المزمن (Chronic) وتأثير ذلك على نواتج التمثيل الغذائى (Yang *et al.*, 2002 a).
حيث تمت الزراعة فى أصص 12 × 15سم تحتوى على كميات متساوية من الطين والرمل والبيت موس بمعدل بادرة/ أصيص فى تصميم قطاعات كاملة العشوائية فى 3 مكررات فى غرف النمو حتى الوصول إلى 10 أيام بعد الإخصاب على درجة حرارة 20°م نهاراً و 15°م ليلاً و 70/50٪ رطوبة نسبية و 16 ساعة فترة ضوئية وإضاءة 420 μ mol m^{-2} s^{-1} عند قمة الأوراق وكانت المعاملات كالتالى :

1- المقارنة، 20°م نهاراً و 15°م ليلاً و 16 ساعة فترة ضوئية وإضاءة 420 μ mol m^{-2} s^{-1}.

2- 20°م نهاراً و 15°م ليلاً وإظلام مستمر.

3- 30°م نهاراً و 25°م ليلاً و 16 ساعة فترة ضوئية تحت شدة إضاءة 420 μ mol m^{-2} s^{-1}.

4- 30°م نهاراً و 25°م ليلاً وإظلام مستمر.

وعند وصول النباتات إلى مرحلة النضج الفسيولوجى (إصفرار القنابع)، مُنع الرى. وأُستكمل النضج على 30°م على مدى أسبوعين. وعند الحصاد تم تقدير وزن الحبوب ودليل الحساسية للحرارة Heat sensitivity index لتبيان مدى مساهمة مخزون الساق ونواتج التمثيل الضوئى فى إمتلاء الحبوب وقسمت التراكيب الوراثية طبقاً لـ **(Khanna - Chopra and Viswanathan, 1999)** إلى :

1- عالية التحمل	HSI ≤ 0.5
2- متوسطة التحمل	HSI > 0.5 to ≤ 1
3- حساسة	HSI > 1.0

وقد أستكمل **Yang ومساعدوه (2002 a)** الدراسة السابقة بتجربة أخرى على أفضل ستة تراكيب وراثية من القمح أظهرت تبايناً فى دليل الحساسية للحرارة والحصول عند 30°م نهاراً و 25°م ليلاً لدراسة تأثير الإجهاد الحرارى المزمن (Chronic) والصدمة

الحرارية Heat shock فى علاقتها بنواتج التمثيل. حيث تم تعريض أصناف القمح الستة عند 10 أيام بعد الإخصاب لأربعة معاملات كانت على النحو التالى :

1- المقارنة: تعريض نباتات الأصناف لدرجة حرارة 20°م نهاراً (لمدة 16 ساعة) و 15°م ليلاً (لمدة 8 ساعات).

2- المعاملة الثانية: 30°م نهاراً (لمدة 16 ساعة) و 25°م ليلاً (لمدة 8 ساعات).

3- المعاملة الثالثة: 40°م نهاراً (لمدة 16 ساعة) و 35°م ليلاً (لمدة 8 ساعات) على مدى 3 أيام يعقبها 20°م نهاراً (لمدة 16 ساعة) و 15°م ليلاً (لمدة 8 ساعات) حتى النضج.

4- المعاملة الرابعة: 40°م نهاراً (لمدة 16 ساعة) و 35°م ليلاً (لمدة 8 ساعات) على مدى 3 أيام يعقبها 30°م نهاراً (لمدة 16 ساعة) و 25°م ليلاً (لمدة 8 ساعات) حتى النضج.

حيث مثلت هذه المعاملات، ظروف الحرارة المثلى (المقارنة)، ثم إجهاد حرارى مزمن، وصدمة حرارية يعقبها حرارة مثلى وصدمة حرارية يعقبها إجهاد حرارى مزمن Chronic، على الترتيب.

وقد نفذت التجربة فى تصميم قطاعات كاملة العشوائية فى ثلاث مكررات وزرعت النباتات حتى النضج فى غرف محكمة من حيث الإضاءة والرطوبة النسبية والرى وأشارت النتائج إلى ما يلى :

1- وجود إرتباط موجب وعالى المعنوية ($r = 0.848^{**}$) بين التجربتين عند المعاملة 30°م نهاراً و 25° ليلاً المتبوعة بالمعاملة 20°م نهاراً و 15°م ليلاً، فى إشارة إلى تشابه تأثير الطريقتين على إنتاجية التراكيب الوراثية المدروسة.

2- إنخفض إستشعاع الكلوروفيل بتأثير الصدمة الحرارية فى الأصناف المدروسة، ولكن إستعاد نسبته الطبيعية فى الأصناف المتحملة.

3- أسهمت نواتج التمثيل الناتجة من كل من ثبات التمثيل الضوئى أو نواتج التمثيل المخزنة بالساق فى إعطاء محصول عالى خلال معاملة الصدمة الحرارية.

4- تميزت أصناف القمح المتحملة للحرارة العالية بارتفاع نواتج التمثيل الضوئى والاحتياطى المخزن بالساق.

5- يعتبر تميز التركيب الوراثى بدرجة ثبات عالية لكفاءة التمثيل الضوئى والاحتياطى المخزن فى الساق خلال فترة الإجهاد ذو أهمية فى تحمل الإجهاد الحرارى.

2- التقييم في الفيتروترونات Phytotrons

أستخدمت الفيتروترونات بمعهد بحوث الأرز الدولي بالفلبين IRRI فى تقييم منتخبات الأرز الهندى N22، IR 747 B2 - 6، BKN 6624 - 46 - 2 للحرارة العالية. حيث عرضت السلالات لنظام حرارى 35°م و 41°م على فترات تعريض مختلفة. واتضح من النتائج، أن مرحلة التزهير هى أكثر المراحل حساسية للإجهاد الحرارى المرتفع، حيث أزدادت نسبة العقم بزيادة درجة الحرارة من 35 إلى 41°م وطول فترة التعريض (Sataka and Yoshida, 1978).

ثانياً: التقييم في أنفاق البولي ايثيلين Evaluation in polyethylene tunnels

تستخدم أنفاق مغطاة بالبولى إيثيلين Polyethylene - covered tunnels كوسيلة رخيصة وسريعة لغربلة سلالات وأصناف المحاصيل لتحمل الحرارة العالية. حيث يمكن التحكم فى الإضاءة ودرجة حرارة الليل والنهار بواسطة أجهزة تحكم خاصة، كما يمكن التحكم فى نسبة الرطوبة باستخدام رشاشات صغيرة توضع فى أرضية النفق. وقد أستخدمت هذه الطريقة فى تقييم 25 أصل وراثى من القمح لمختلف الصفات الفسيولوجية والمحصولية بزراعتها فى أنفاق من البولى إيثيلين في وجود أو غياب نظام التبريد Cooling system. وأظهرت النتائج وجود تباين وراثى فى تحمل التراكيب الوراثية لإجهاد حرارى أعلى من 35°م على أساس ضرر الغشاء الخلوى لورقة العلم مقارنةً بالكنترول «Cooling system» (Rane and Chauhan, 2002).. كما أفادت هذه الطريقة فى تقييم قدرة السلالات المبشرة ونواتج برنامج التربية فى القمح، على تكوين الحبوب تحت ظروف إجهاد حرارى > 35°م (Rane, 2003).

كما ساعدت أنفاق البولى إيثيلين حجم 633م^3 صممت بإتجاه شرق - غرب فى تقييم خمسة أصناف من الفول السودانى الأسبانية وثلاثة أصناف من فرچينيا تختلف فى تحملها للحرارة والجفاف، عرضت لنظام حرارى 27°م و 34°م على 50٪ و 100٪

محتوى رطوبى ميسر فى الفترة من بداية التزهير وحتى النضج. حيث لاحظ Craufurd ومعاونون (1999) أن أصناف فرچينيا كانت أكثر حساسية للحرارة العالية رغم إنتاجها العالى من المادة الجافة الكلية وكفاءة إستخدام الماء.

ثالثاً: التقييم تحت ظروف البيوت المحمية

Evaluation under greenhouse conditions

يتميز تقييم مدى تحمل التراكيب الوراثية للحرارة العالية تحت ظروف البيوت المحمية بإمكان التحكم فى بيئة النمو ودرجات الحرارة وعدد ساعات الإضاءة والإظلام ونسبة الرطوبة وغيرها من العوامل المؤثرة .. كما تتميز بقلة التكاليف وتوفير الوقت والجهد.

وقد ساعدت البيوت المحمية تحت ظروف الهند فى تقييم تحمل نباتات السمسم للحرارة العالية (درجة حرارة الوسط + 5°م) لمدة صفر، 3، 6، 9 أيام عند مرحلة التزهير تحت مستويين من النيتروچين، بدون تسميد و 60 كجم نيتروچين/ هكتار، حيث لاحظ Vyas ومساعدوه (2003) حدوث نقص شديد فى المحصول والمادة الجافة الكلية نتيجة الإجهاد الحرارى الشديد، إلا أن هذا التأثير قد خف فى النباتات المعرضة لمستوى عالى من النيتروچين (60 كجم/ هكتار). فى دلالة على التأثير المخفف لتسميد النيتروچينى من التأثيرات المعاكسة المستحثة للحرارة العالية على نباتات السمسم.

رابعاً: التقييم تحت الظروف الحقلية Evaluation under field conditions

على الرغم من أن عملية تقييم وإختبار نواتج برامج التربية لتحمل الحرارة العالية تحت ظروف الحقل الطبيعية يبدو صعباً لعدم إمكان التحكم فى الظروف المحيطة من درجات الحرارة ونسبة الرطوبة والإضاءة. إلا أن الباحثين قد توجهوا بالفكر حيال إختيار مواعيد زراعة مختلفة تمثل فترات إجهاد حرارى تواكب مراحل النمو الحرجة.

وعموماً يجرى إختبار التراكيب الوراثية بزراعتها تحت الظروف الحقلية فى قطع تجريبية فى تصميم إحصائى بمكررات وإستحداث بيئات إجهاد حرارى بالزراعة فى مواعيد مختلفة تسمح بإن تواجه النباتات فى محصول مثل القمح ظروف من درجات الحرارة العالية بعد التزهير وصلت إلى فارق 5 - 7°م عن الطبيعى.... درجة حرارة الوسط المحيط Ambient، كما أوضحته نتائج بعض التجارب كالآتى

- درجة حرارة الوسط المحيط 27°م ± 5°م (Singh & Ahmad, 2003)
- درجة حرارة الوسط المحيط ± 7°م (Prakash & Ghildiyal, 2003)
- درجة حرارة الوسط المحيط ± 5 إلى 7°م (Sairam *et al.*, 2003)

وتحت الظروف المصرية، قام **عبد الشافي وآخرون (1999)** بتقييم أقلمة 25 تركيب وراثى من قمح الخبز تنتمى إلى مناطق مختلفة النشأة وهى مصر والسودان واليمن والهند والسميت بزراعتها فى مصر العليا فى منطقتى شندويل و الماتانا Mataana خلال موسم 96 /1997 وفى مناطق شندويل وماتانا وكوم أمبو خلال موسم 97 /1998 فى ميعادين 15 نوفمبر (العادى) و 15 ديسمبر ميعاد متأخر يمثل «إجهاد حرارى». حيث سمح هذا النظام من الزراعة باختيار أفضل السلالات المتأقلمة وراثياً مع ظروف الإجهاد الحرارى. وقد أظهرت النتائج أن تحمل التراكيب الوراثية للحرارة العالية يكون راجعاً إلى القدرة الإنتاجية العالية وإنخفاض دليل الحساسية للظروف المعاكسة والذى ظهر بوضوح فى الأصناف جيزة 165 و El - Nelian و Ures 81.

مقاييس تحمل الحرارة العالية

High temperature tolerance measurements

أولاً: التقديرات المعملية Laboratory assessments

1- سرعة الإنبات وقوة البادرات Rapid germination and seedling vigour

تستخدم قياسات نمو البادرة مثل (طول البادرة – وزن البادرة – طول الجذير – طول الريشة – سرعة وقوة النمو... وغيرها) كمؤشرات لتحمل الإجهاد الحرارى، فى عديد من المحاصيل الحقلية مثل القمح والذرة الشامية والذرة الرفيعة وغيرها **(Kilen and Andrew, 1969; Clarke and Townley - Smith, 1986 and Singh and Ahmad, 2003).**

2- مستوى النشاط الأنزيمى Enzyme activity level

يعتبر النشاط الأنزيمى مؤشراً لمدى حساسية أو تحمل سلالات المحاصيل للحرارة العالية ومن أمثلة هذه التقديرات :

أ – تقـدير نشـاط أنزيمات Superoxide dismutase, Ascorbate peroxidase, Catalase, Glutathione reductase، حيث كان النشاط الأنزيمى أكثر وضوحاً فى أصناف القمح والبقوليات المتحملة عن تلك الحساسة للإجهاد الحرارى (**Rao *et al.*, 2003 and Sairam *et al.*, 2003**).

ب– تقـدير نشـاط أنزيم البناء الضـوئى الثـابت حـرارياً روبيـسكو RuBisCo وإنـزيم فوسفوإينول بيروفات كتاليز والبروتين (Chaperonin 6) والتى كـانت أعلى فى أصناف محاصيل الحبوب مثل السورجم والأرز المقاومة للإجهاد الحرارى مقارنة بالأصناف الحساسة (**Japtap *et al.*, 1998 and Bose *et al.*, 1999**).

3- محتوى الكلوروفيل Chlorophyll content

يعتبر محتوى كلوروفيل أوراق النبات ودليل ثبات الكلوروفيل مؤشراً لثبات التمثيل الضوئى وزيادة الاحتياطى المخزن فى الساق والموجه إلى إمتلاء الحبوب فى مرحلة إجهاد ما بعد الإخصاب.

ويقدر الكلوروفيل إما بتحليل الفصل اللونى Spectrophotometer أو بجهاز تقدير الكلوروفيل SPAD 502 (**Castelli *et al.*, 1996**) وأمكن استخدامه فى تقييم جيرمبلازم القمح والشعير والفول البلدى والذرة الشامية وقصب السكر وغيرها.

4- إستشعاع الكلوروفيل Chlorophyll fluorescence :

تقدر قياسات إستشعاع الكلوروفيل على عينة عشوائية من 10 ورقات من العلم من الصنف المحصولى بواسطة بعض الأجهزة مثل :

- Portable plus amptitude modulation fluorometer (PAM 2000, Walz Gmb H, Effeltrich, Germany).
- Portable fluorometer (Model SF - 20, Richard Brancker Research Ltd, Ottawa).

حيث تقدر المؤشرات الآتية :

Fo : إستشعاع الكلوروفيل المبدئى.

Fm: أقصى إستشعاع للكلوروفيل بعد التعرض للإجهاد الحرارى.

Fv: الفرق بين Fo و Fm.

حيث يعتبر الثبات فى قيم إستشعاع الكلوروفيل المتغير «Fv» عند درجة الحرارة العالية مقياس جيد لتحمل الإجهاد الحرارى، بينما تنخفض قيمة إستشعاع الكلوروفيل مع زيادة ضرر الأوراق فى الأصناف الحساسة. ويحدد معدل الزيادة فى قيم إستشعاع الكلوروفيل من المبدئى إلى الأقصى الفروق بين الأصناف فى تحمل الحرارة **(Smillie and Gibbons, 1981)**.

5- الثبات الحراري للأغشية النباتية:

Cellular membrane thermostability

يتم قياس التسرب الحرارى للأغشية النباتية بتقدير كمية التسريب للمكونات الخلوية Cell solute leakage لنسيج الورقة بعد التعرض لدرجات الحرارة العالية، بقياس الزيادة فى درجة التوصيل الكهربى على عينة من أقراص أوراق عدة نباتات من الصنف تؤخذ بثاقب العينات. حيث تظهر الأغشية الأكثر ثباتاً تسريب أقل.

وعموماً يقدر الضرر النسبى للأغشية Relative injury الحادث من تأثير الحرارة العالية ومعاملات التجفيف من المعادلة الآتية:

$$RI = \left\{ 1 - \frac{1 - (T_1 / T_2)}{1 - (C_1 - C_2)} \right\} * 100$$

حيث :

T_1: درجة التوصيل الكهربى للعينات المعاملة بالحرارة على 50°م أو بالبولى ايثيلين جليكول 6000.

C_1: التوصيل المبدئى لعينات المقارنة.

T_2: التوصيل بعد غليان العينات المعاملة بالحرارة على 50°م أو بالبولى ايثيلين جليكول 6000.

C_2: النوصيل بعد علياد عينات المقارنة

(Blum and Ebercon, 1981 and Shanahan et al., 1990)

وبمقارنة الثبات الحرارى للأغشية فى كلٍ من نباتات المواسم الباردة والحارة، تبين أن نظام التمثيل الضوئى الثانى لنباتات المناطق الباردة مثل القمح كان أكثر حساسية للحرارة من نباتات المناطق الحارة مثل الأرز والذرة الرفيعة وقد أقترح **Saadalla** **وآخرون (1990)** إستخدام هذا الاختبار فى إنتخاب سلالات القمح المتحملة للحرارة فى برامج التربية رغماً عن صعوبة تطبيقه على الانعزالات الفردية خلال الأجيال الانعزالية من البرنامج.

ثانياً: التقديرات الحقلية **Field assessments**

1- درجة إحتراق الأوراق **Leaf firing**

تعتبر من القياسات الحقلية السريعة سهلة التقدير، وتتم على مقياس نظرى من . - 5 أو 1 - 10 على التراكيب الوراثية تحت الاختبار. حيث تعتبر مؤشراً لمدى تحمل أو حساسية الأصناف للحرارة العالية **(Clarke and Townley - Smith, 1986)**.

2- درجة حرارة الأوراق (العرش) **Canopy temperature**

يتم ذلك باستخدام ترمومتر يعتمد على الأشعة تحت الحمراء الصادرة من النبات Infrared thermometer instrument. يستخدم خلال الفترة من الساعة 12 : 2 بعد الظهر لمعرفة حالة النبات تحت تأثير الإجهاد حيث يقيس حرارة العرش النباتى (المجموع الخضرى) والهواء المحيط

وبناءاً على ذلك ىقسم النباتات إلى فئات، منخفضة ومتوسطة ومرتفعة الحرارة. فالسلالات التى تكون حرارتها منخفضة تكون أكثر قدرة على الأقلمة مع الظروف البيئية المحيطة. وقد أمكن إستخدام قياس حرارة العرش بنجاح فى تقييم جيرمبلازم القمح والشعير والذرة الشامية والذرة الرفيعة وفول الصويا لتحمل الإجهاد البيئى (عن، **Singh, 2001**)

3- المحصول ودليل الحساسية للحرارة Yield and heat sensitivity index

يفيد تقدير المحصول تحت ظروف الإجهاد الحرارى والظروف المثلى فى تقدير بعض المقاييس الهامة لتحمل الإجهاد الحرارى ومن أهمها دليل الحساسية للحرارة طبقاً لـ **Fischer and Wood, 1978.**

$$\text{Heat sensitivity index} = \{(1 - Ys / Yp) / (1 - \bar{Y}s / \bar{Y}p)\}$$

حيث:

Ys : محصول حبوب الصنف تحت ظروف الإجهاد الحرارى.

$\bar{Y}p$: محصول حبوب الصنف تحت الظروف المثلى.

$\bar{Y}s$: متوسط محصول حبوب جميع الأصناف تحت ظروف الإجهاد الحرارى.

Yp : متوسط محصول حبوب جميع الأصناف تحت الظروف المثلى.

وبناءً على ذلك، تقسم التراكيب الوراثية إلى الأقسام الآتية :

1- عالية التحمل $HSI \leq 0.5$

2- متوسطة التحمل $HSI > 0.5 \text{ to } \leq 1$

3- حساسة $HSI > 1.0$

(Khanna - Chopra and Viswanathan, 1999)

القسم الثالث

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل التلوث البيئي

Genetics and Breeding Crops for Environmental Pollution Tolerance

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُم بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴾.

(سورة الروم: آية ٤١)

القسم الثالث

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل التلوث البيئي

Genetics and Breeding Crops for Environmental Pollution Tolerance

مقدمة :

التلوث كلمة ذات معنى عام، وهى تعنى ظهور شيء ما غير مرغوب فيه فى مكان غير مناسب. ويعتبر التطور الصناعى الذى يشهده العالم لاسيما فى الأقطار الصناعية المتقدمة من الأسباب الرئيسية للتلوث البيئى. ويعتبر إرتفاع تركيز الأوزون وأكاسيد الكبريت والنيتروچين وإنتشار جزئيات العناصر الثقيلة من الملوثات البيئية التى تؤثر على الصفات الطبيعية والكيميائية للهواء الجوى وتضر بالأحياء النباتية وصحة الإنسان والحيوان.

والمتتبع لطبيعة العلاقات البيئية، يجد أنها علاقات مترابطة ومتكاملة، فكل ما تنتجه هو أيضاً سبب، بمعنى أن فضلات الحيوانات تصبح غذاءً لبكتريا التربة، وما تفرزه البكتريا يغدو غذاءً للنبات. فلا تعرف السلسلة الغذائية كلمة فاقد أو متبقى فهى منظومة مترابطة تعرفها الكائنات كلها بإذن ربها بدون إنتاج متبقيات تصدر صوت نشاز. غير أن تدخل الإنسان بصورة أو بأخرى قد تكون خاطئة يؤدى إلى إحداث خلل فى هذه المنظومة المحكمة التى أوجدها الله سبحانه وتعالى. فيقول الله تعالى :

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ وَالأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِن كُلِّ شَيْءٍ مَّوْزُونٍ ﴾.

(سورة الحجر: آية ١٩)

الباب الأول

تحمل ملوثات الهواء

الباب الاول

تحمل ملوثات الهواء

Air pollutants tolerance

مقدمة :

تتعدد ملوثات الهواء الجوى التى تنتشر فى الغلاف المحيط بالنبات. ولعل من أهم هذه الملوثات الأوزون (O_3) وثانى أكسيد الكبريت (SO_2) وثانى أكسيد النيتروچين (NO_2) ونترات البيروكسى ا سيتيل (PAN) وفلوريد الهيدروچين (HF) و الايثيلين (C_2H_4) وثانى أكسيد الكربون CO_2 والهيدروكربونات بالإضافة إلى بعض الشوائب المحملة بأبخرة بعض الغازات الثقيلة مثل الرصاص والكلوروفلوروكربون.

ملوثات الهواء الجوي :

الأوزون :

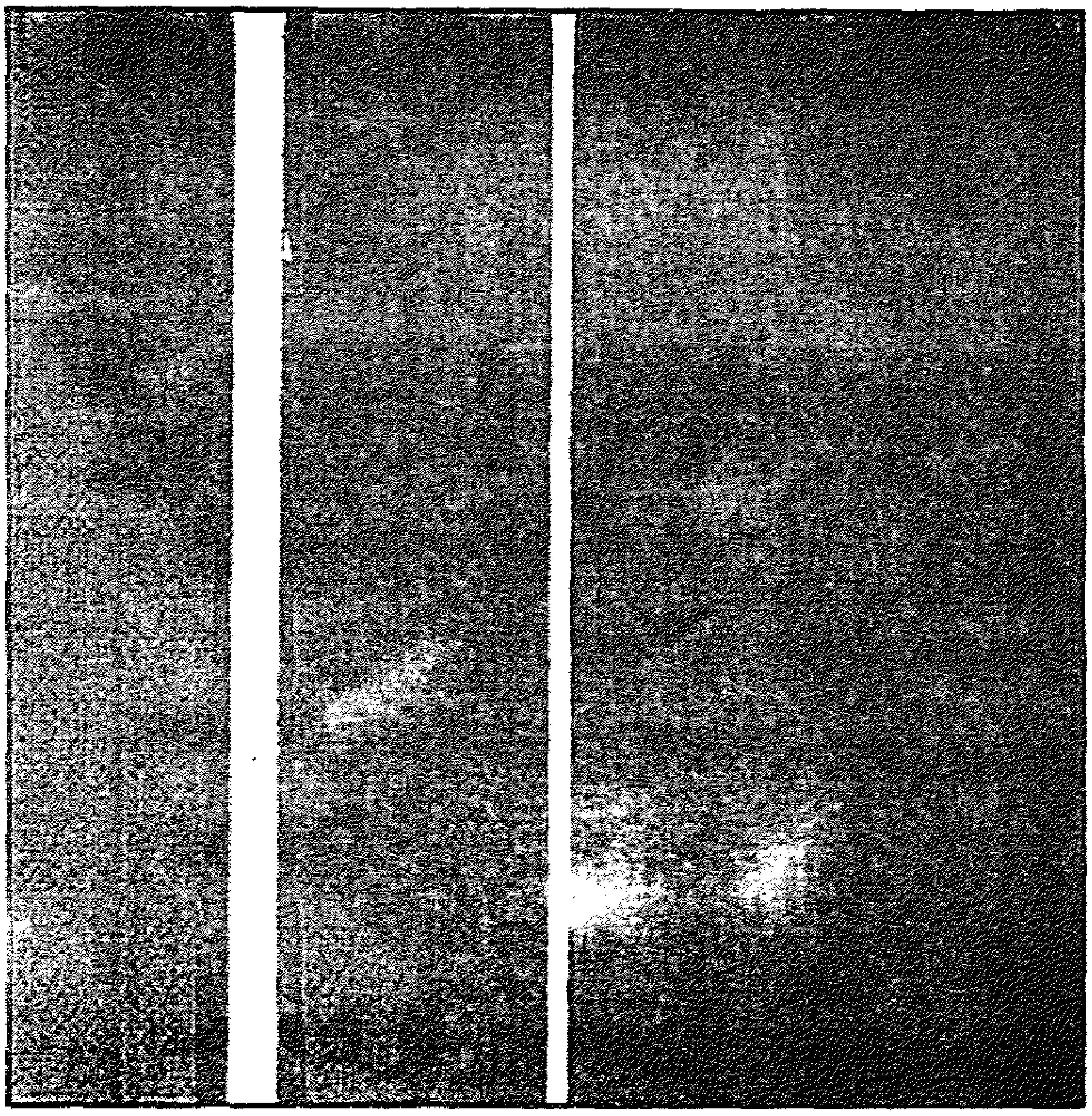
يوجد الأوزون بصورة طبيعية فى طبقات الجو العليا، ويحمى الكرة الأرضية من الأشعة فوق البنفسجية. ويقع على إرتفاع 15 - 60 كم من سطح الأرض فى طبقة الاستراتوسفير العليا والميزوسفير السفلى، حيث تمتد طبقة الاستراتوسفير من إرتفاع 12 - 50كم من سطح الأرض، أما طبقة الميزوسفير فتقع بين 50 - 80كم من سطح الأرض. والأوزون شكل نشط من أشكال الأوكسچين، يحتوى كل جزئ منه على 3 ذرات (أ$_3$)، بينما يحتوى الأكسچين على ذرتين (أ$_2$).

ويتكون الأوزون عندما يتعرض أكسچين الهواء الجوى لتأثير الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس، فتنحل بعض جزيئاته بتأثير هذه الأشعة إلى ذرات نشطة، ثم تتحد بعض هذه الذرات مرة أخرى مع جزئيات الأكسچين مكونة الأوزون. كما يتكون الأوزون نتيجة العوامل الطبيعية كالبرق والصواعق.

$$O_2 \xrightarrow{\text{الأشعة فوق البنفسجية}} O + O \quad \text{ذرات أكسچين نشطة}$$

$$O + O_2 \longrightarrow O_3 \quad \text{جزئ أوزون}$$

ويبلغ تركيز الأوزون 0.1 - 0.2 جزء في المليون على إرتفاع 20 - 30كم من سطح الأرض. وفائدة طبقة الأوزون أنها تمتص كمية كبيرة من الأشعة فوق البنفسجية المارة من الشمس إلى سطح الأرض، ومن ثم فهي توفر الحماية من مخاطر الأشعة فوق البنفسجية لكافة الكائنات الحية. وبسبب نقص الأوزون تسرب هذه الأشعة إلى الأرض، ومن ثم حدوث تأثيرات ضارة على صحة الإنسان والحيوان إلى جانب التأثير على النبات كما يوضحه (شكل 3 - 1)، كما ترفع من درجة حرارة الجو والأرض.



أوراق نبات الأرز المعرضة لتأثير الأشعة فوق البنفسجية   المقارنة

شكل (3 - 1): الإضرار الناتجة عن تأثير الأشعة فوق البنفسجية على أوراق نبات الأرز. يلاحظ ظهور تغيرات لونية وتكرزه وموت الأنسجة على أوراق النباتات المعرضة للأشعة فوق البنفسجية (عن: Uda *et al.*, 2004)

وتعتبر أكاسيد النيتروچين، وغازات الكلوروفلوروكربون من أهم المواد التى تسبب تدمير طبقة الأوزون. فعند تلامس جزيئات أكاسيد النيتروچين مع جزيئات الأوزون يحدث بينهما تفاعل كيميائى يؤدى إلى تحلل جزيئات الأوزون وتحويلها إلى جزيئات أكسچين مرة أخرى.

$$No + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$

وتتحلل بعض جزيئات الكلوروفلوروكربون بتأثير الأشعة فوق البنفسجية القوية فى طبقات الجو العليا، معطية بعض ذرات الكلور النشطة التى تتفاعل بعد ذلك مع الأوزون.

$$CF_2\,Cl_2 + \text{ضوء شمس} \longrightarrow CF_2\,Cl^{\circ} + Cl^{\circ}$$

$$Cl^{\circ} + O_3 \longrightarrow ClO + O_2$$

ويعتبر الأوزون الأرضى من أخطر الملوثات البيئية، حيث يعتبر المكون الرئيسى للضباب الدخانى. ويجب ألا يتجاوز الحد الأقصى لتركيز الأوزون 0.12 جزء فى الميون لتجنيب الإنسان أى مشاكل صحية وإن كانت لا تضمن تجنيب المحاصيل والخضروات لأخطار الأوزون.

ويزداد تركيز الأوزون فى الشهور الصيفية وقد وصل تركيزه على القشرة الأرضية من 0.02 - 0.03 جزء فى المليون وقد تضاعفت هذه النسبة إلى عشرات الأضعاف نتيجة التفاعلات الكيموحيوية، حيث وصلت فى الولايات المتحدة الأمريكية من 0.05 - 0.1 جزء فى المليون.

وتتمثل أعراض الإصابة بالأوزون فى ظهور بقع صغيرة بنية داكنة غير منتظمة الشكل تميل إلى السواد، أو رصاصى فاتح يميل إلى البياض على السطح العلوى للأوراق، وتظهر الإصابة غالباً على قمة الورقة وعلى إمتداد حافتها، ومع إشتداد الإصابة تمتد الأعراض إلى السطح السفلى للورقة.

ويؤدى تعرض النباتات للأوزون بتركيز من 0.05 - 0.12 جزء فى المليون لمدة 4 ساعات إلى ضرر بالأوراق لأغلب الأنواع النباتية الحساسة ويؤدى تعرض النباتات لتركيز من 0.25 - 0.50 جزء فى المليون لمدة 6 - 8 ساعات إلى حدوث أضرار بالغة، بالمقارنة مع أكاسيد النيتروچين والتى تكون أقل سمية على النبات.

وتتعرض الكرة الأرضية حالياً لظاهرة تناقص طبقة الأوزون الحامية والتي توجد في طبقات الجو العليا نتيجة التلوث الجوى في العالم. وتجرى حالياً باستراليا أبحاث تتعلق بقياسات طبقة الأوزون ومقارنة الأشعة الساقطة على الأرض في كل من الهند واستراليا والولايات المتحدة واليابان وغيرها وذلك تمهيداً لإقامة نظام عالمى لمراقبة تلك الظاهرة الخطيرة على حياة الإنسان والكائنات الحية الأخرى فوق هذه الأرض.

وقد قام فريق من العلماء بدراسة طبقة الأوزون عند القطب الجنوبى وفوق جبال الألب وأعلى القطب الشمالى، فتبين نقص نسبة الأوزون بمقدار 2٪، وبلغ النقص 3٪ فوق الدول الصناعية في أوروبا وأمريكا وروسيا الاتحادية، ووصل إتساع ثقب الأوزون في الآونة الأخيرة إلى 10 مليون كيلو متر مربع. وقد أُصطلح على تسمية النقص في طبقة الأوزون إسم «ثقب الأوزون».

وتؤكد التقارير، أن العالم سيظل يعانى ولفترة طويلة من آثار تآكل طبقة الأوزون، حتى لو توقف فوراً عن إنتاج المواد الكيماوية التى تسبب تآكل هذه الطبقة. فما يتآكل من طبقة الأوزون في عام، يعاد تكوينه بعد مائة عام لإن الغازات الكيماوية مثل الفريون ومركبات الكلوروفلوروكربون تمتلك قوة تدميرية كبيرة حيث يمكن لجزئ واحد منها أن يدمر 100 ألف جزء من الأوزون.

أضرار الأوزون:

يمكن حصر أضرار الأوزون على النبات في النقاط الآتية :

1- نقص نشاط أنزيم RuBPCase في الأوراق الصغيرة لنباتات الأرز. كما يعوق نشاط إنتقال الالكترون التمثيلى بين نظام التمثيل الضوئى الأول (PSI) ونظام التمثيل الضوئى الثانى (PSII)، ومن ثم التأثير على كفاءة التمثيل الضوئى بصفة عامة.

2- نقص محتوى الكلوروفيل ونسبة كلوروفيل أ إلى ب وظهور نكرزة مرئية.

3- يُضعف الأوزون من قوة الكلوروبلاست في تمثيل الليبيدات، كما يحطم نفاذية الغشاء الخلوى نتيجة التفاعل مع الروابط الزوجية بين الكربون للأحماض الدهنية غير المشبعة في أغشية الخلايا وتدمير مجموعات SH وإعاقة تكوين ليبيدات جديدة وتثبيط التخليق الحيوى للجلاكتوليبيدات في الكلوروبلاست.

4- يؤثر الأوزون على مجموعات الأمين مؤدياً إلى نقص بناء الأحماض الأمينية ومحتوى البروتين الكلى.

5- يقلل الأوزون من محتوى السكريات مثل الجلوكوز والفركتور فى أوراق نباتات بعض المحاصيل مثل فول الصويا عند التعرض لتركيزات عالية من الغاز. ويقلل من سريان الكربوهيدرات من الأوراق إلى الأجزاء الثمرية خاصة عند المستويات المنخفضة من ثانى أكسيد الكربون.

6- حدوث إنخفاض معنوى فى عدد الأزهار والقرون ونقص وزن البذور والمحصول فى البقوليات البذرية مثل الحمص وفول الصويا.

7- يُحدث إجهاد الأوزون وثانى أكسيد الكربون تغيراً فى التعبير الجينى فى نبات الأرابيدوبسيس، وكذا تغيرات فى التعبير الجينى لجينات تخليق البولى أمين و Metallothionine و Adenosyltransferase وهى مواد مسئولة عن "حماية" من الإجهاد.

8- يؤثر الأوزون على نشاط الحمض النووى الريبوزى ر. ن. أ فى أوراق القمح، كما يؤثر فى مختلف مراحل تطور نبات القمح، محدثاً أضرار بالغة بالأوراق ومؤدياً إلى الإسراع من شيخوخة وتساقط الأوراق، الأمر الذى يستتبعه نقص صافى التمثيل الضوئى وإنخفاض المحصول.

أكاسيد الكبريت:

يعود التلوث بأكاسيد الكبريت إلى ثانى وثالث أكسيد الكبريت اللذين يرمز إليهما بالرمز (SOx)، والتى تتشكل من إحتراق أى مادة تحتوى على الكبريت. ويعتبر غاز ثانى أكسيد الكبريت فى مقدمة العناصر الملوثة للهواء فى أجواء المدن والمناطق الصناعية. وينتج من عملية إحتراق الفحم والبترول والصناعات التعدينية ومعامل حمض الكبريتيك. ويتصاعد الغاز مع أبخرة المصانع ويتحد مع بخار الماء الجوى مكوناً حمض الكبريتيك، والذى يتساقط بعد ذلك فى صورة أمطار حامضية على أوراق النباتات محدثاً تدمير واضح للكلوروفيل.

وتتباين أنواع وأصناف المحاصيل فى حساسيتها لثانى أكسيد الكبريت ويتوقف ذلك على التركيب الوراثى للصنف ومدة التعرض للغاز. وتعتبر التراكيب الوراثية ذات الأوراق الابرية الضيقة أكثر مقاومة لآثار الغاز. وتتأثر التراكيب الوراثية الحساسة عند تركيز 0.25 - 0.50 جزء في المليون، ويحدث الضرر خلال 6 - 8 ساعات من التعرض لهذا التركيز، فى حين لا يحدث ضرر للأنواع والأصناف المقاومة إلا إذا تعرضت لتركيزات أكثر من 2 جزء فى المليون لمدة 8 ساعات أو 10 جزء فى المليون لمدة نصف ساعة على الأقل.

هذا وقد إنخفض صافى التمثيل الضوئى فى الفول البلدى نتيجة التعرض لثانى أكسيد الكبريت بتركيز 40 جزء في البليون (PPb) لمدة 4 ساعات، ثم إزداد النقص ثانية عند التعرض للأوزون عند تركيز 250 جزء فى البليون لمدة 4 ساعات أيضاً (**Ormrod *et al.*, 1981**).

وتستطيع النباتات التغلب على التأثيرات السامة لمركبات الكبريت بتحويلها إلى أشكال أقل سمية. كما لوحظ أن أصناف الأرز الأكثر مقاومة للتلوث بغاز ثانى أكسيد الكبريت كانت أعلى فى محتوى البرولين. ويحدث ثانى أكسيد الكبريت نوعين من الأعراض؛ حادة ومزمنة. وتظهر الأعراض الحادة فى صورة أنسجة ميتة بين العروق أو على حواف الورقة. وقد تفقد المناطق الميتة لونها أو تصبح عاجية أو رصاصية أو برتقالية أو حمراء أو بنية محمرة أو بنية و يتوقف ذلك على التركيب الوراثى للصنف والظروف البيئية. أما الإصابة المزمنة فتبدو في صورة مناطق ذات لون بنى محمر أو بيضاء على نصل الورقة ويتعرض النسيج النباتى للتلف. ويندر ظهور أعراض الإصابة على الأوراق الحديثة، بينما تكون الأوراق كاملة النمو شديدة الحساسية، وتسقط الأوراق فيما يعرف بتأثير الأمطار الحامضية. ويمكن تلخيص أضرار ثانى أكسيد الكبريت على النبات فيما يلى:

1- نقص معنوى فى محتوى الكلوروفيل ومساحة الأوراق وطول النبات ومحتوى حمض الاسكوربيك والنشا والبروتين ومحصول الحبوب الكلى والمحصول البيولوجى فى نباتات القمح والشعير.

2- يؤدى التأثير المشترك لثانى أكسيد الكبريت والأوزون عند العدوى بفطر *Colletotrichum lindemuthianum* المسبب لمرض الأنثراكنور إلى نقص محصول الفاصوليا بحوالى 50٪ وزيادة حث تطور مرض الانثراكنور.

3- أدى التعرض لجرعات عالية من ثانى أكسيد الكبريت أو التعرض المستمر لتركيزات منخفضة منه إلى تثبيط شديد للتمثيل الضوئى، والتأثير على نشاط أنزيم PEPCase المسئول عن مسار الكربون فى عملية التمثيل الضوئى للنباتات رباعية الكربون.

أكاسيد النيتروچين :

يعتبر أول وثانى أكسيد النيتروچين من أكثر الغازات تلوثياً للوسط المحيط. ويتشكل أول أكسيد النيتروچين من إحتراق الفحم الحجرى والبترول والغازات فى الهواء. كما ينتج من مصانع الأسمدة وعمليات اللحام وتفجير المفرقعات. ويتأكسد أول أكسيد النيتروچين فى درجات الحرارة المرتفعة إلى ثانى أكسيد النيتروچين.ويصل تركيز ، تاسيد النيتروچين فى أجواء المدن إلى أكثر من 10 - 100 مرة عن أجواء الريف، مما يعكس خطورة المصادر الصناعية إذا ما قيست بالمصادر الطبيعية.

ويؤدى تعرض أوراق النباتات لتركيز من 4 - 8 جزء فى المليون من ثانى أكسيد النيتروچين لمدة ساعة إلى نخر الأوراق ليشمل 5٪ من مساحة الورقة، الأمر الذى يؤثر على كفاءة الكلوروفيل التمثيلية. وتزداد الأعراض إلى تلف النباتات وسقوط الأوراق عند التعرض لتركيز مرتفع يصل إلى 25 جزء فى المليون لمدة ساعة، خاصة فى طور النمو، فى حين تكون أوراق النباتات مكتملة النمو أكثر مقاومة للغاز. وفى هذا الصدد، فقد رصد **Agrawal ومعاونوه (2003)** فى الهند، تأثيرات سلبية لأكاسيد النيتروچين على موشرات النمو؛ المساحة النوعية والوزن النوعى للورقة وطول فترة حياة الورقة وصافى التمثيل الضوئى والنشاط الانزيمى، والذى أنعكس فى النهاية على نقص محصول حبوب القمح.

نترات البيروكسي أسيتيل :

تعتبر نترات البيروكسى أسيتيل (PAN) من المواد المؤكسدة القوية والتى تنتج مثل

الأوزون من تأثير الأشعة فوق البنفسجية على أكاسيد النيتروچين (NO_x) فى وجود الأكسچين والمركبات الهيدروكربونية النشطة والمتصاعدة مع عادم السيارات وغيره من نواتج الاحتراق غير الكامل. وتؤثر نترات البيروكسى أسيتيل على النباتات عند تركيزات منخفضة، وقد تكون الأصناف الحساسة للمادة حساسة أيضاً أو متحملة للملوثات الأخرى.

وقد أشارت الدراسات أن تعرض النباتات لتركيز 0.02 جزء فى المليون من نترات البيروكسى أسيتيل لمدة 5 ساعات يؤدى إلى إسمرار الأوراق، كما يؤدى إستمرار تعرض أوراق النبات للمركب لمدة طويلة إلى سمية الأوراق وجفافها والتأثير على كمية وجودة المحصول.

فلوريد الهيدروچين:

تنتج مركبات الفلوريد ومنها فلوريد الهيدروچين HF فى سماء المناطق الصناعية، لاسيما مصانع الألمونيوم والكريوليت والزجاج والأسمدة وبخاصة السوبر فوسفات. وتتباين الأنواع النباتية فى درجة تحملها تبعاً لخصائصها المورفولوچية والتركيبية. ويتراكم فلوريد الهيدروچين فى أنسجة النبات. ويرتبط الضرر الحادث على النبات بكمية الفلوريد ومدة التعريض.

طبيعة المقارمة لملوثات الهواء

Nature of resistance to air pollutants

توجد بعض المصطلحات المتعلقة باستجابة النباتات لملوثات الهواء يمكن سردها فيما يلي:

- **الحساسية Sensitivity:** تشير الحساسية إلى الحالة الفسيولوچية للنبات أو النسيج النباتى المعرض لضرر ملوثات الهواء. ويشمل مصطلح الحساسية ظهور الضرر المرئى على النبات والذى يتوقف أثره على تركيز ومدة التعرض للملوث البيئى، وهو يفسر مدى التباين بين أصناف النوع الواحد وبين الأنواع المختلفة فى الحساسية لعوامل التلوث البيئى.

- **القابلية للإصابة Susceptibility**؛ يستخدم مصطلح القابلية للإصابة للتعبير عن عدم قدرة النبات على منع أو تقليل الأضرار المرئية أو أى تأثيرات أخرى عند التعرض للملوثات البيئية، مما يؤدى إلى إصابته بدرجات متوسطة أو شديدة، ويترتب على ذلك ضعف نموه وفقد معنوى فى محصوله.
- **التحمل Tolerance**؛ يعنى ظهور أعراض مرئية للضرر بالملوثات مع قدرة النبات على تحمل هذا الضرر بدون نقص معنوى فى محصول البذرة أو الثمار. وتتميز معظم أنواع المحاصيل أو أصناف النوع الواحد بدرجات من التحمل لملوثات الهواء.
- **المقاومة Resistance**؛ ترتبط المقاومة بقدرة التركيب الوراثى على منع أو تقليل الأضرار المرئية والمخاطر الناتجة عن تعرض النبات للملوثات تحت الظروف البيئية المناسبة للنبات.
- **المناعة Immunity**؛ يستخدم مصطلح المناعة فى مجال أمراض النبات، ويعنى ..رة النبات على منع الإصابة. أما فى حالة تلوث الهواء، فيعنى قدرة النبات على إمتصاص الملوثات وبدون أى ضرر لاحق. ولاتظهر المناعة فى حالة ما إذا كان تركيز الملوثات عالٍ وكافٍ، حيث ستضار جميع النباتات فى هذه الحالة وتموت.

الباب الثاني
تحمل التلوث بالعناصر الثقيلة

الباب الثاني

تحمل التلوث بالعناصر الثقيلة

Heavy metal pollution tolerance

مقدمة :

إزدادت فى الآونة الأخيرة الآثار السلبية والخطيرة للمعادن الثقيلة على النبات والحيوان والإنسان، نتيجة إنتشار عديد من الصناعات مثل الحديد والصلب والأسمنت والصناعات الكيماوية والصابون والأسمدة، والنسيج وإنتشار عوادم السيارات. وتحدث هذه المصادر أنواع مختلفة من التلوث للهواء والتربة والماء بعديد من العناصر مثل الكادميوم والرصاص والزئبق والنيكل والكوبلت والنحاس والزنك والفضة.. وغيرها. وتصل ملوثات العناصر الثقيلة إلى النبات إما عن طريق سقوط الغبار على سطح أوراق النبات أو عن طريق إستخدام الأسمدة الكيماوية أو ماء الرى خاصة ذو النوعية منخفضة الجودة.

ويعتبر تطوير أصناف من المحاصيل تتميز بالقدرة الوراثية على تحمل هذه الملوثات أو إمتصاص كميات أقل من هذه العناصر، من الإتجاهات البحثية المفيدة. ويشير التباين الموجود بين أصناف المحاصيل فى مستوى التحمل إلى إمكانية إستنباط سلالات أو هجن أكثر تحملاً لعوامل التلوث.

مصادر التلوث وحدود السمية للعناصر الثقيلة :

Sources of pollution and toxic limits of heavy metals

تتعدد مصادر تلوث نباتات المحاصيل بالعناصر الثقيلة والتى تؤثر على إنتاجية وجودة المحصول.

فتؤدي عوادم السيارات والملوثات الناتجة عن المصانع القريبة من المزارع إلى إحداث أضرار بالنبات والتى تبدو فى صورة تغيرات لونية وتدمير كلوروفيل الورقة ونقص النشاط التمثيلى وإنخفاض المحصول (شكل 3 - 2). فقد أكدت الدراسات حدوث أضرار لزراعات المحاصيل فى المساحات القريبة من مصادر التلوث بعوادم السيارات على جانبى الطرق الزراعية ولمسافة قدرت بحوالى 100 متر، حيث إزدادت نسبة الرصاص إلى 10 أضعاف فى النباتات المجاورة للطرق عن النباتات الأبعد (**Mousa *et al.*, 1998 a**).

ويعتبر التسميد المعدني أحد مصادر تلوث النبات والتربة بالعناصر الثقيلة والتى من المتوقع أن تزيد من التأثير الضار على صحة الإنسان من خلال السلسلة الغذائية. فعند تقييم 13 سماد معدنى و 6 أسمدة مخلبية و 9 أسمدة عضوية، أظهرت الدراسات احتواء سماد السوبر فوسفات العادى والمحبب والمحسن وصخر الفوسفات على أعلى تركيز من العناصر الثقيلة؛ الكادميوم والرصاص والنحاس والكروم والنيكل والزنك (جدول 3 - 1) .(**Gomah *et al.*, 2003**)

جدول (3 - 1): محتوي العناصر الثقيلة في بعض الأسمدة المعدنية

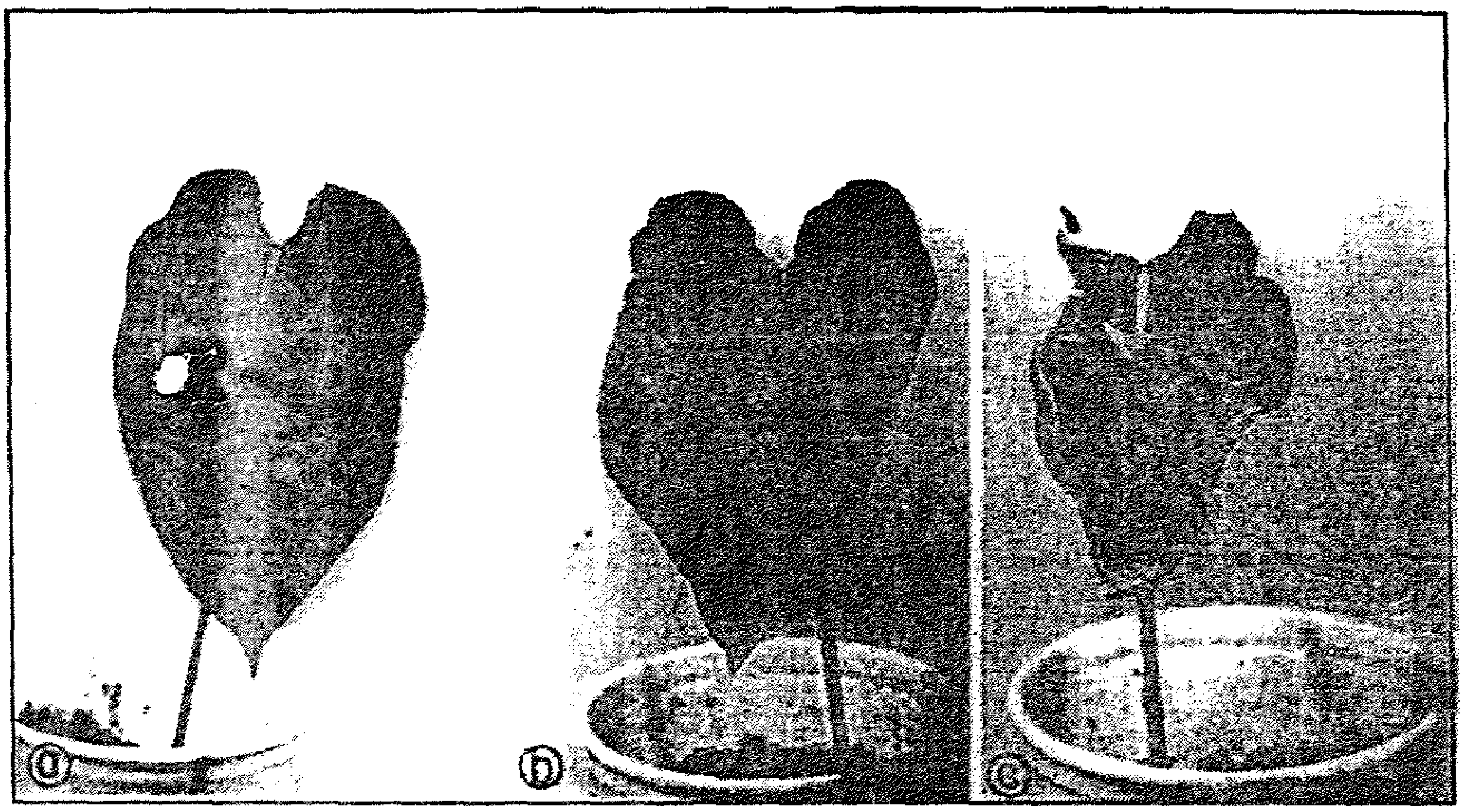
	Cd	Pb	Cu	Ni	Cr	Zn
			ppm			
1 - الأسمدة الفوسفاتية:						
السوبر فوسفات العادى	2.61	5.86	7.56	13.89	59.13	290.7
السوبر فوسفات المحبب المنقى	3.14	2.34	8.56	13.89	92.82	209.5
السوبر فوسفات المحبب	2.03	5.67	11.18	19.57	68.62	155.2
صخر الفوسفات	6.55	1.91	5.60	15.66	51.93	132.1
2 - الأسمدة النيتروجينية:						
نترات الامونيوم العادى	1.34	1.95	0.92	0.47	0.96	58.7
نترات الامونيوم المحبب	0.18	1.81	1.59	1.09	1.85	6.25
اليوريا غير المتماسكة Unconsolidated urea	0.16	2.6[illegible]	0.83	0.48	0.31	1.63
اليوريا غير المتماسكة النقية Refined Unconsolidated urea	0.19	1.36	0.75	1.20	0.58	1.15
3 - الأسمدة البوتاسية:						
سلفات البوتاسيوم	0.02	3.13	1.52	7.11	3.38	1.63
4 - أسمدة NPK:						
- Maxifeed (20 - 20 - 20).	0.51	1.06	0.82	2.46	0.75	28.0
- Pecofertile (25 - 25 - 25).	0.14	0.23	0.86	11.31	0.16	247.3
- Pecofertile (16 - 5 - 32).	0.16	1.36	0.94	4.07	0.38	51.3
- Pecofertile (13 - 3 - 39).	0.10	2.32	1.50	5.12	2.44	196.7

(عن: جمعة وآخرون، 2003).

كما أشارت الدراسات إلى زيادة تراكم الكادميوم والرصاص والنحاس بحبوب أصناف القمح مع إضافات الفوسفور والنيتروجين والبوتاسيوم. وقد إختلفت إستجابة

الأصناف من موسم إلى آخر، فى إشارة إلى تأثير البيئة على إختلاف إستجابة النبات للعناصر الثقيلة (**Grant and Bailey, 1998 and El - Kalla *et al.*, 2004**).

وفى الأرز، وعند إختبار 60 عينة جمعت من أربعة مساحات من منطقة كمشهار شمال إيران بلغ متوسط تركز الكادميوم والرصاص 0.41 و 2.23 مجم/ كجم وزن جاف، على الترتيب وهما أعلى من دليل منظمة FAO/ WHO (**Khaniki and Zazoli, 2005**).



شكل (3 - 2): تأثير التلوث بغبار الأسمنت علي نبات الفاصوليا
(a) المقـــارنـة (b) التعفير الجاف بغبار الأسمنت (عدم حدوث ضرر).
(c) التعفير الرطب (حدوث ضرر في صورة التفاف حواف الورقة وتكرزه)
(عن: Darley, 1966)

ويعتبر تلوث الماء أكثر خطورة خاصة، عند إستخدامه فى رى المزروعات حيث يؤدى إستخدام ماء رى منخفض الجودة إلى تراكم العناصر الثقيلة السامة فى التربة والنبات. فعند تقييم صلاحية إستخدام مصادر مختلفة من مياه الرى؛ هى مياه النيل ومياه الصرف الزراعى ومياه الصرف الصحى على حالة العناصر الثقيلة وإنتاجية نبات الفول البلدى. أشارت دراسة **مصطفي (2001a)** إلى وصول تركيز العناصر الثقيلة من النيكل والكوبلت

والكادميوم والرصاص إلى مستويات قريبة من الحد الحرج، بل وتجاوزت حد السمية فى بعض الحالات كما هو موضح بجدول (3 - 2).

كما أشارت نتائج الدراسات البحثية إلى ارتفاع نسب العناصر الثقيلة الكلية والمستخلصة مثل الرصاص والكادميوم والكوبلت والنيكل فى أوراق وحبوب الذرة الشامية وفى الأجزاء التى تؤكل خضراء من محاصيل الخضر مثل الخيار والفلفل والباذنجان والبامية، نتيجة الرى بماء الصرف منخفض الجودة (**Dorgham *et al.*, 2003**).

جدول (3 - 2)؛ قيم العناصر الثقيلة الممتصة (جم/ فدان) بنبات الفول البلدي نتيجة الري بمياه النيل ومياه الصرف الزراعي ومياه الصرف الصحي

مصدر ماء الري	النيكل		الكوبلت		الكادميوم		الرصاص	
	البذور	القش	البذور	القش	البذور	القش	البذور	القش
مياه النيل	5.94	8.56	11.2	17.2	7.18	10.7	26.1	44.4
مياه الصرف الزراعى	9.06	16.1	13.9	24.2	9.88	19.1	36.8	74.8
مياه الصرف الصحى	11.4	24.7	20.1	34.9	15.1	28.0	55.3	136

(عن؛ مصطفى، 2001 a).

وقد أوضحت عديد من الدراسات التأثير الضار لزيادة تركيزات المعادن الثقيلة فى محلول التربه وتأثيرها العكسى على إنتاجية النبات، بل الأخطر من ذلك هو التأثيرات الضارة على صحة الإنسان والحيوان. ويوضح جدولى (3 - 3 و 3 - 4) حدود السمية لبعض العناصر الثقيلة فى التربة والنبات.

ميكانيكية الضرر Damage mechanism

تدخل المعادن الثقيلة إلى أنسجة النبات بصورة نشطة خلال عمليات التمثيل الحيوى ويتم تخزينها فى صورة مركبات غير نشطة فى الخلايا أو أغشيتها، وتؤثر فى التركيب الكيميائى للنبات وقد لا يظهر أى ضرر مرئى على النبات.ويتوقف مصير المعادن الثقيلة ودورها فى النبات على العمليات الآتية :

1- الامتصاص بواسطة النبات والانتقال خلاله.

2- العمليات الإنزيمية التى تحدث داخل النبات.

3- تركيز المعادن الثقيلة والصور المختلفة التى توجد عليها.

4- حدود النقص والسمية للعنصر.

5- الاتزان الكيميائى والأثر المتبادل.

وحتى الآن فقد ثبت أن حوالى عشرة عناصر من العناصر النادرة ضرورية لنمو النباتات بصورة صحية وتعتبر أساسية لكل نبات، وبعض العناصر ثبت أنها ضرورية لأنواع معينة من النباتات، وأظهر بعضها قدرة تشجيعية لعملية النمو ولكن لم يتم فهم وظيفتها والدور الذى تلعبه فى العمليات الفسيولوجية داخل النبات بالكامل.

جدول (3 - 3): الحد الأقصى من تركيز العناصر الثقيلة المسموح به للأراضي الزراعية (ملليجرام/ كجم).

العنصر		ألمانيا	بريطانيا	اليابان	بولندا	كندا	استراليا
الزرنيخ	As	40 (50)[b]	20[a]	15	30	25	50
البريليوم	Be	10 (20)	-	-	10	-	10
الكادميوم	Cd	2 (5)	1 (3)	-	3	8	5
الكوبلت	Co	-	-	50	50	25	50
الكروميوم	Cr	200 (500)	50	-	100	75	100
النحاس	Cu	50 (200)	50 (100)	125	100	100	100
الزئبق	Hg	10 (50)	2	-	5	0.3	5
الموليبدنيوم	Mo	-	-	-	10	2	10
النيكل	Ni	100 (200)	30 (50)	100	100	100	100
الرصاص	Pb	500 (1000)	50 (100)	400	100	200	100
التيتانيوم	Ti	2 (20)	-	-	-	-	-
الزنك	Zn	300 (600)	150 (300)	250	300	400	300

a : القيمة المقترحة للحد الأقصى للأراضى المعاملة بمخلفات الصرف الصحى.

b : القيم بين القوسين، المحتوى الممكن تحمله والسام.

(عن: Anonymous, 1984).

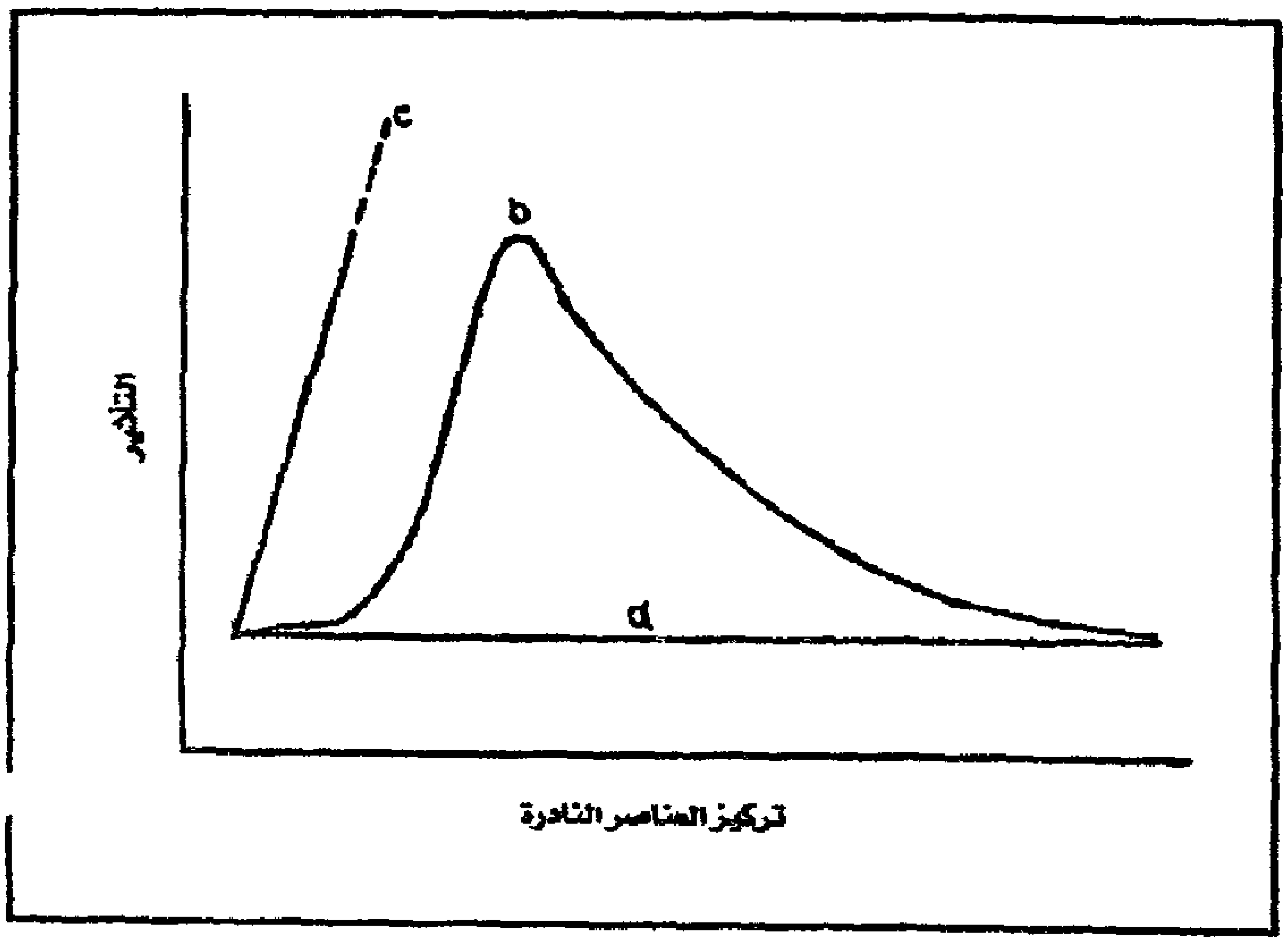
جدول (3 - 4): تركيز العناصر الثقيلة (ملليجرام/ كجم مادة جافة)

في أنسجة أوراق النبات الناضج

العنصر		حدود النقص	حدود الكفاية	حدود السمية	الحدود في المحاصيل الحقلية المقاومة
الفضة	Ag	-	0.5	10 - 5	-
الزرنيخ	As	-	1.7 - 1	20 - 5	-
البورون	B	30 - 5	100 - 10	200 - 50	100
الباريوم	Ba	-	-	500	-
البريليوم	Be	-	7 - 1	50 - 10	-
الكادميوم	Cd	-	0.2 - 0.05	30 - 5	3
الكوبلت	Co	-	1 - 0.02	50 - 15	5
الكروميوم	Cr	-	0.5 - 0.1	30 - 5	2
النحاس	Cu	5 - 2	30 - 5	100 - 20	50
الفلورين	F	-	30 - 5	500 - 50	-
الزئبق	Hg	-	-	3 - 1	-
الليثيوم	Li	-	3	50 - 5	-
المنجنيز	Mn	30 - 10	300 - 30	1000 - 400	300
الموليبدنيوم	Mo	0.3 0.1	5 - 0.2	50 - 10	-
النيكل	Ni	-	5 - 0.1	100 - 10	50
الرصاص	Pb	-	10 - 5	300 - 30	10
السلنيوم	Se	-	2 - 0.01	30 - 5	-
القصدير	Sn	-	-	60	-
الأنتيمون	Sb	-	50 - 7	150	-
التيتانيوم	Ti	-	-	200 - 50	-
الثاليوم	Tl	-	-	20	-
الفاناديوم	V	-	1.5 - 0.2	10 - 5	-
الزنك	Zn	20 - 10	150 - 27	400 - 100	300
الزركونيوم	Zr	-	-	15	-

(عن: Davis *et al.*, 1978; Kabata - Pendias, 1979; Kitagishi and Yomane, 1981and Adrinano, 1986).

ويحتاج النبات إلى هذه العناصر بكميات صغيرة إلا أن أى زيادة فى تركيزاتها قد تسبب سمية للنبات وإعاقة النمو، ولتبسيط هذه العلاقات المعقدة يمكن توضيح ذلك فى شكل (3 - 3) :



شكل (3 - 3): إمتصاص النباتات للعناصر الثقيلة حسب مقاومتها للسمية

(عن: عبد الصبور، 1998)

حيث يتضح أنه فى بعض أصناف المحاصيل ذات التحمل العالى لسمية العنصر لا يحدث أى تغيير فى نمو النبات كما فى منحنى (a). وفى بعض أصناف نباتية أخرى قد تحدث إستجابة موجبة عند زيادة العنصر من مرحلة النقص إلى مرحلة الكفاية وتحدث إستجابة متزايدة حادة، ثم تؤدى أى زيادة أخرى للعنصر إلى نقص حاد فى النمو كما فى منحنى (b). أما النباتات غير المقاومة، فتظهر عليها أعراض السمية عند مستويات قليلة من العنصر (منحنى c). ولقد قسم Spencer العناصر الثقيلة حسب سميتها للنبات إلى ثلاث مجاميع على النحو التالى:

المجموعة الأولى: غير سامة Nontoxic

المجموعة الثانية: سامة Toxic فى التركيزات المتوسطة

المجموعة الثالثة: سامة Toxic فى التركيزات المنخفضة (5 جزء فى المليون أو أقل) وتشمل عناصر الزئبق السيلنيوم والكادميوم والنيكل والكوبلت واليود.

وتستطيع النباتات أن تختزن العناصر الثقيلة فى أنسجتها لقدرتها على التوائم مع التغير فى الخواص الكيميائية للبيئة، حيث تعتبر النباتات كمستودعات وسيطة يتجمع خلالها العناصر الثقيلة من التربة ومن جزيئات الماء والهواء، وتصل إلى الإنسان والحيوان خلال سلسلة الغذاء كما تعمل كمستقبلات موجبة للعناصر النادرة سواء بالامتصاص على الجذور أو التلامس المباشر فى التربة أو مع الغبار المتساقط. كما أن للنباتات القدرة على التحكم فى الامتصاص الإيجابى أو رفض بعض العناصر عن طريق بعض التفاعلات الفسيولوچية المناسبة. ولهذا أصبح أحد أهم مشاكل البيئة هو المتعلق بتراكم كميات من العناصر الثقيلة فى أجزاء النبات التى تستخدم كغذاء للإنسان أو الحيوان.

لذا فقد وضعت الهيئات الدولية والمنظمات المهتمة بسلامة الغذاء، حدود لهذه العناصر لا ينبغى تجاوزها حفاظاً على صحة الإنسان. فعلى سبيل المثال، حددت المجموعة الأوروبية نسبة الكادميوم فى حبوب المحاصيل الصغيرة مثل قمح المكرونة المدى 0.1 مجم/ كجم حبوب كمستوى دليل Guideline level و 0.2 مجم/ كجم حبوب كمستوى أقصى Maximum level ، محدداً للعملية التسويقية **(Council of Europe, 1994)**.

أضرار التلوث بالعناصر الثقيلة:

يمكن توضيح أضرار التلوث بالعناصر الثقيلة على نباتات المحاصيل فيما يلى:

1- حدوث خلل فى الوظائف الحيوية وعمليات الأيض الغذائى لمختلف المركبات الهامة نتيجة احتلال العناصر الثقيلة المواقع الفعالة للمركبات الأساسية الحيوية مثل الفوسفات والنيترات وتكوين زرنيخات - وفلورات - بورات - أو تنجستات.. إلخ.

2- حدوث أكسدة لليبيدات الغشاء الخلوى وإنتاج الأصول الحرة التى تؤدى إلى تغيرات فى نفاذية وخلل فى وظيفة الغشاء الخلوى ونقص ضغط إمتلاء الخلايا.

3- التفاعل مع مجموعات الجلوتاثيون Thiol والفوسفات والمجاميع الفعالة فى مركبات

الطاقة ADP، ATP الضرورية فى العمليات الفسيولوچية والحيوية لدورة الطاقة، وتثبيط نشاطها.

4- إحداث تأثيرات عكسية على العمليات الفسيولوچية متمثلة فى ضرر أنوية قمم خلايا الجذور، وتقليل إمتصاص النيترات وانتقالها من الجذور إلى المجموع الخضرى والتأثير على الاتزان المائى.

5- نقص الكلوروفيل الكلى ومحتوى الكارتينويد والتأثير على نظام التمثيل الضوئى الأول PSI والثانى PS II وتثبيط عملية الفسفرة نتيجة النفاذية السلبية لبروتون الهيدروچين H^+ لغشاء الميتوكوندريا الداخلى.

6- إحداث ضرر بتركيب كلوروبلاست الخلايا نتيجة خلل فى شكل وتمدد أغشية الثيلاكويد، الأمر الذى يؤدى إلى النضج المبتسر Premature senescence.

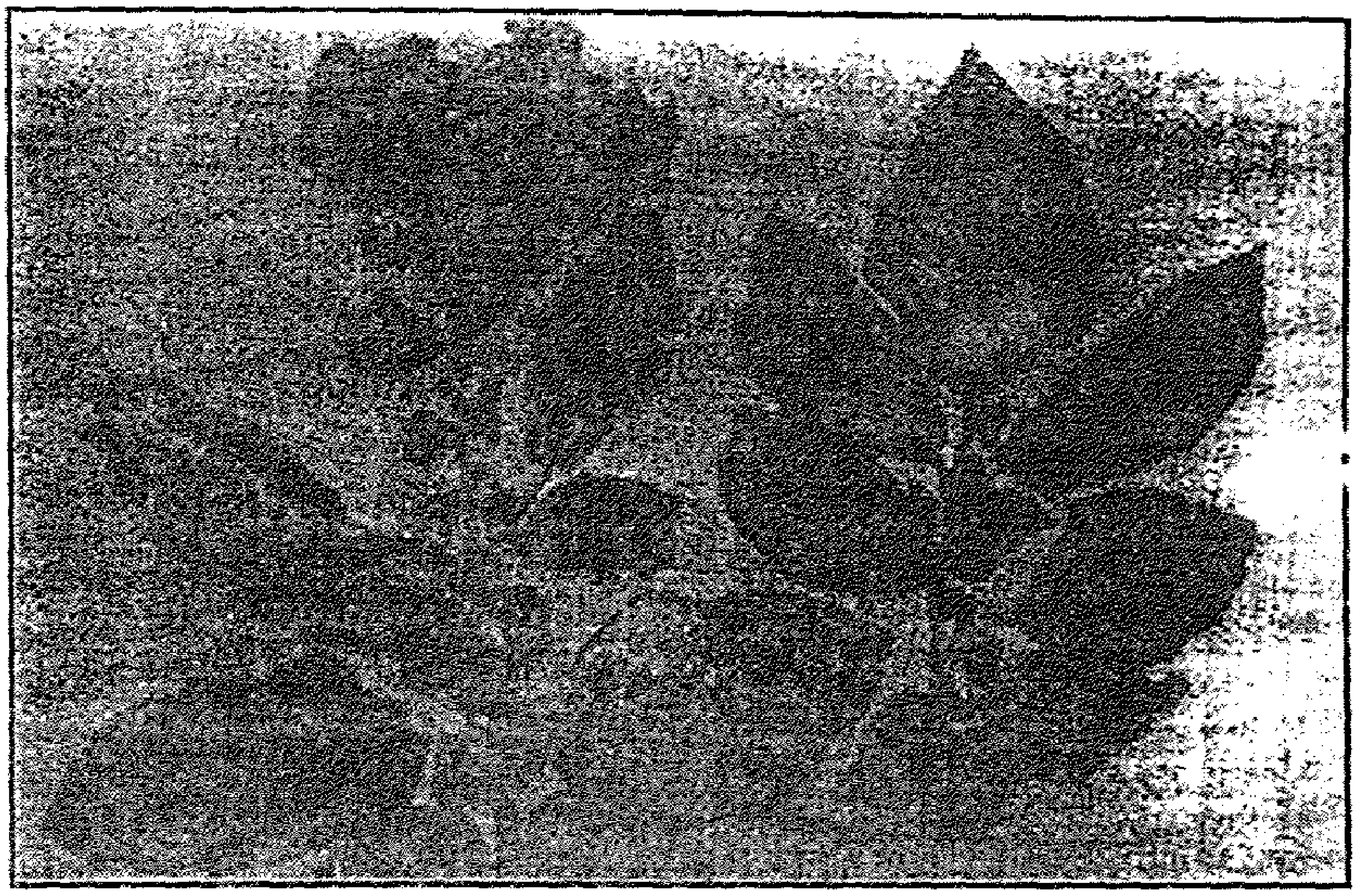
7- نقص تكشف وإنخفاض قوة البادرات ومؤشرات التمثيل الغذائى وفشل النمو النباتى أحياناً.

8- يؤدى رى المزروعات بمياه الصرف الصحى منخفض الجودة إلى تلوث الماء الأرضى وزيادة نسب عناصر النيكل والكوبلت والكادميوم والرصاص فى الأوراق والأجزاء الخضراء لمحاصيل الخضر والحقل. وعند تغذية الإنسان عليها تصيبه باعياء وإجهاد عصبى وصداع وغثيان ودوار وقيء ومغص واسهال وأضرار بالكبد والكلى والرئتين والعظام وإرتفاع ضغط الدم ومشاكل صحية أخرى خطيرة.

وعموماً يوضح شكل (3 - 4) الآثار الضارة والأعراض المرئية لزيادة تركيز العناصر الثقيلة على نباتات المحاصيل.

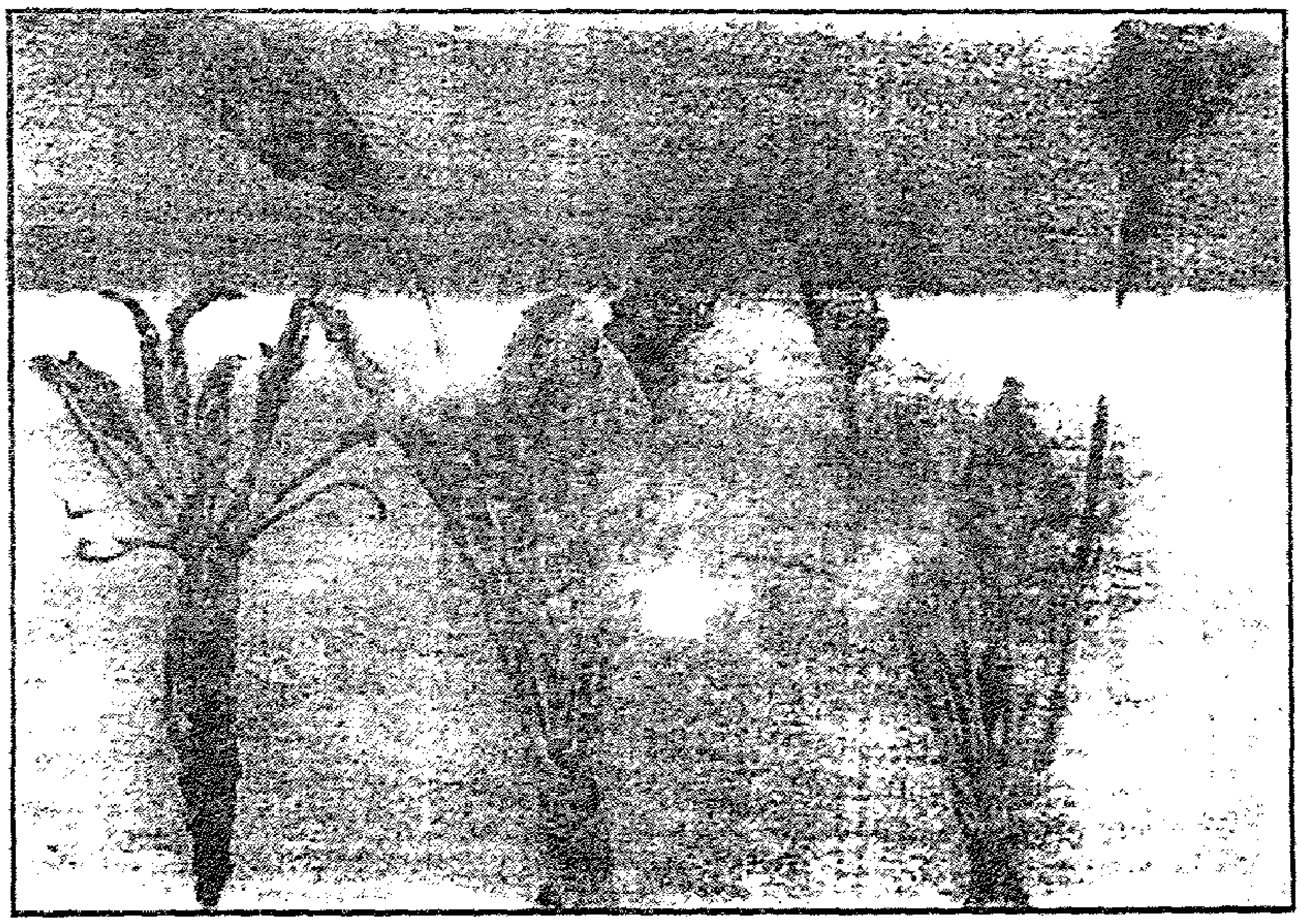
كيفية معالجة التلوث بالعناصر الثقيلة Remedy of heavy metal pollution

بادئ ذى بدء، تستخدم بعض النباتات الحساسة كحواس بيولوچية Biological sensors مثل دوار الشمس والأرز كدلائل للكشف عن تلوث التربة بالعناصر الثقيلة. ويفيد ذلك في وضع ميكانيكية لفهم. وكيفية التعامل مع هذه الملوثات والتى يمكن سردها فى الاتجاهات الآتية :



أ - أعراض سمية البورون على نباتات البطاطس

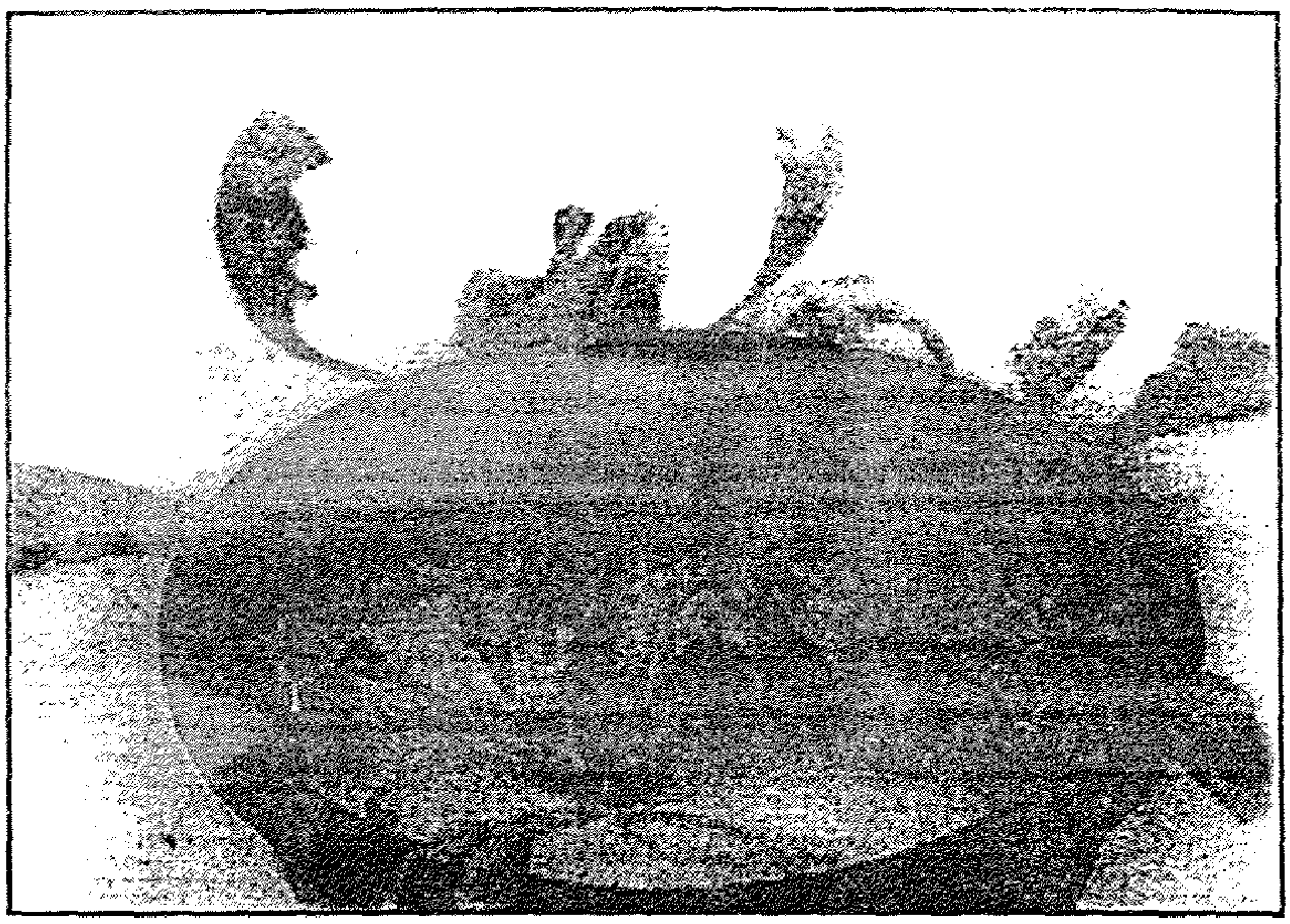
يتحول لون الأوراق إلي اللون البنى القشى عند الحواف ثم تجف الأوراق



ب - أعراض سمية الكوبلت على نبات بنجر السكر

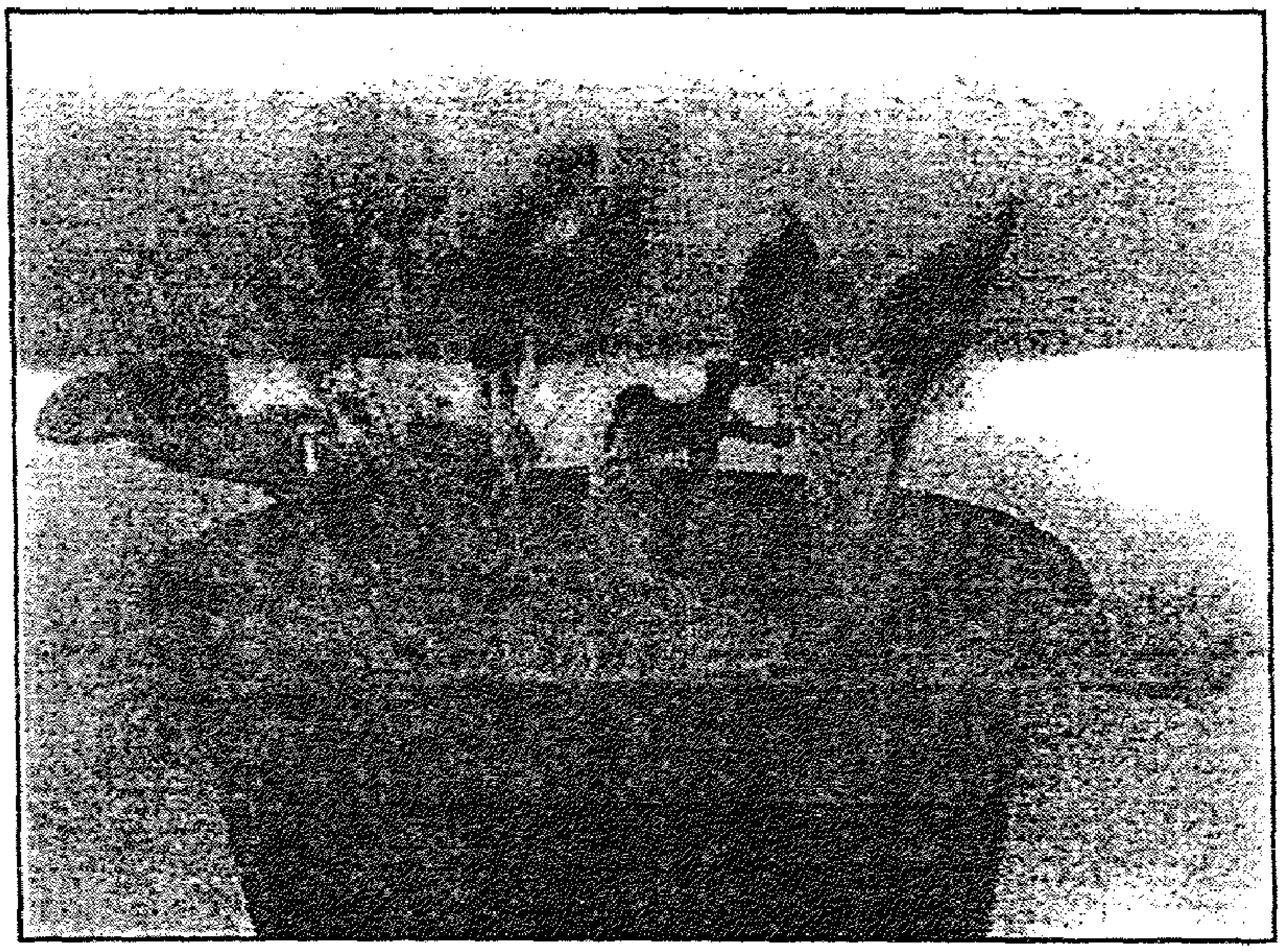
توقف شديد لنمو النبات – يظهر شحوب واصفرار للأوراق الحديثة مصحوباً بنكرزة وموت للأنسجة

شكل (3 - 4): الآثار الضارة والأعراض المرئية لزيادة تركيز العناصر الثقيلة على نباتات المحاصيل



جـ- أعراض سمية النيكل علي نباتات بنجر السكر

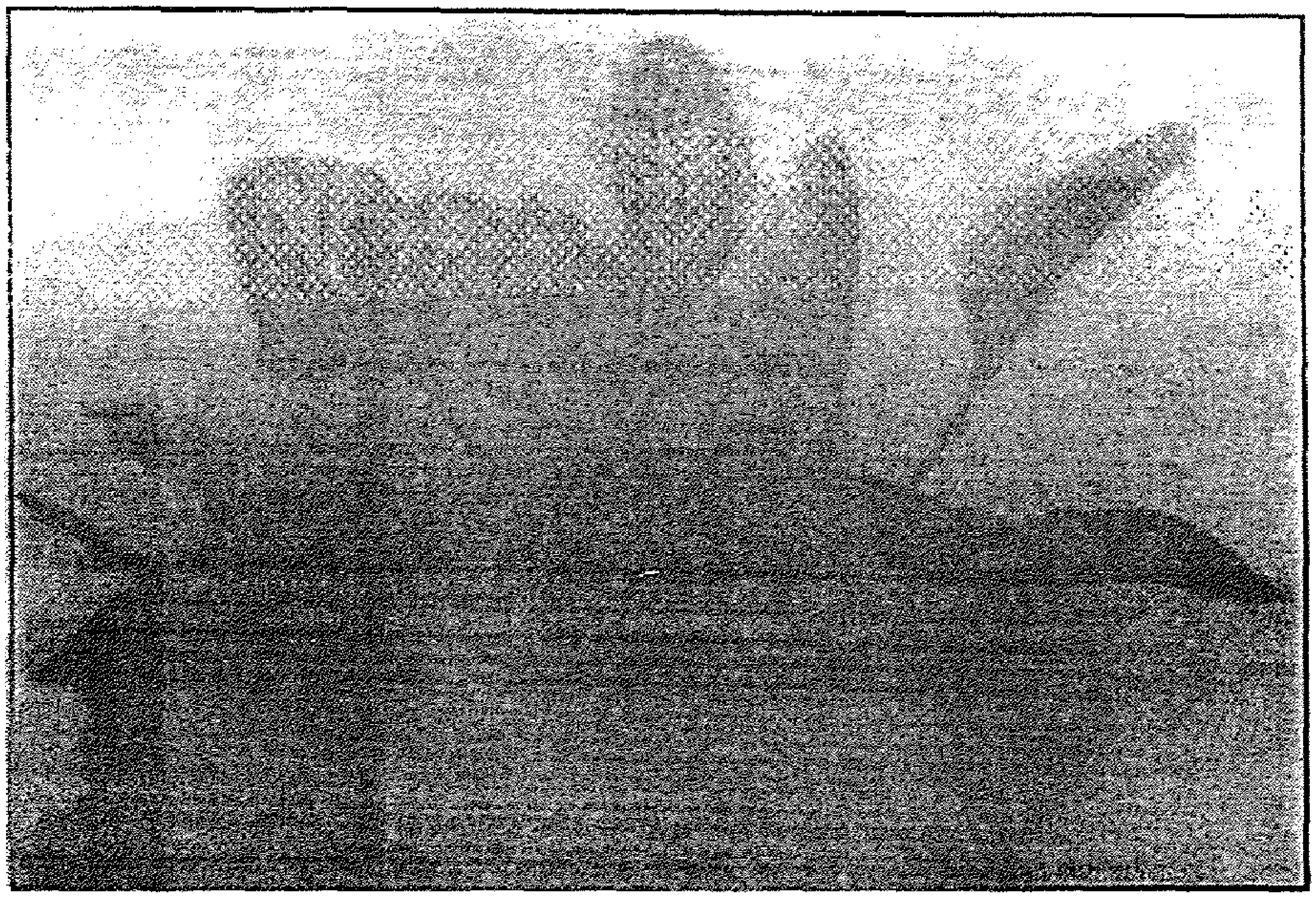
توقف شديد لنمو النبات – تبدو الأوراق حديثة النمو مصفرة – يعقب ذلك ظهور نكرزة وموت للأنسجة



د - أعراض سمية الكروم على نباتات بنجر السكر

توقف نمو النبات – تحول لون الأوراق إلى البنى المحمر الفاتح من القمة باتجاه القاعدة ومن الحافة إلى العرق الوسطى وتأخذ بعض الأوراق اللون الأحمر الداكن

تابع شكل (3 - 4)



هـ- أعراض سمية النحاس على نباتات بنجر السكر

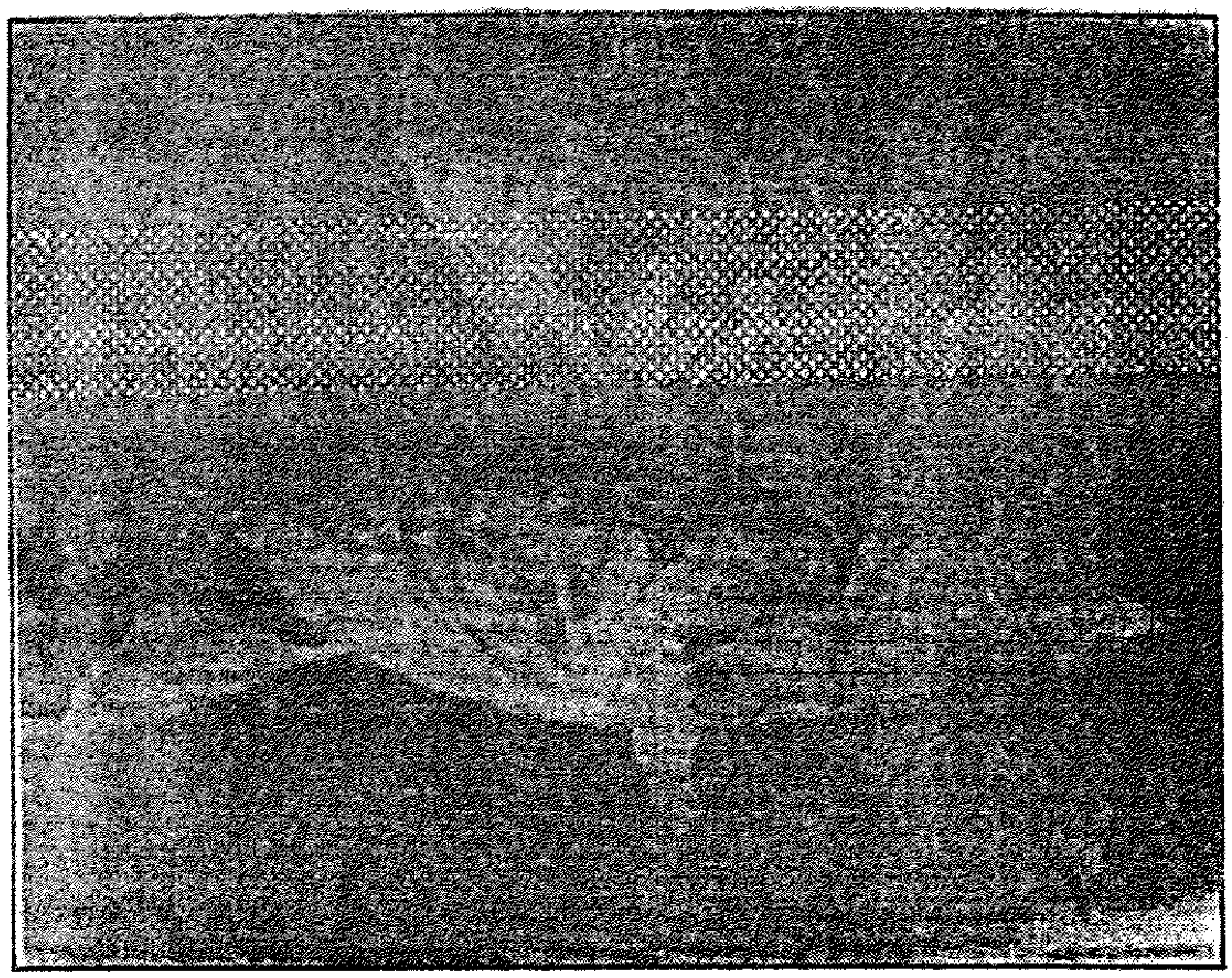
توقف شديد لنمو النبات – تظهر الأوراق باللون الأصفر – يعقب ذلك ظهور نكرزة وموت الأنسجة



و - أعراض سمية المنجنيز على أوراق الشعير

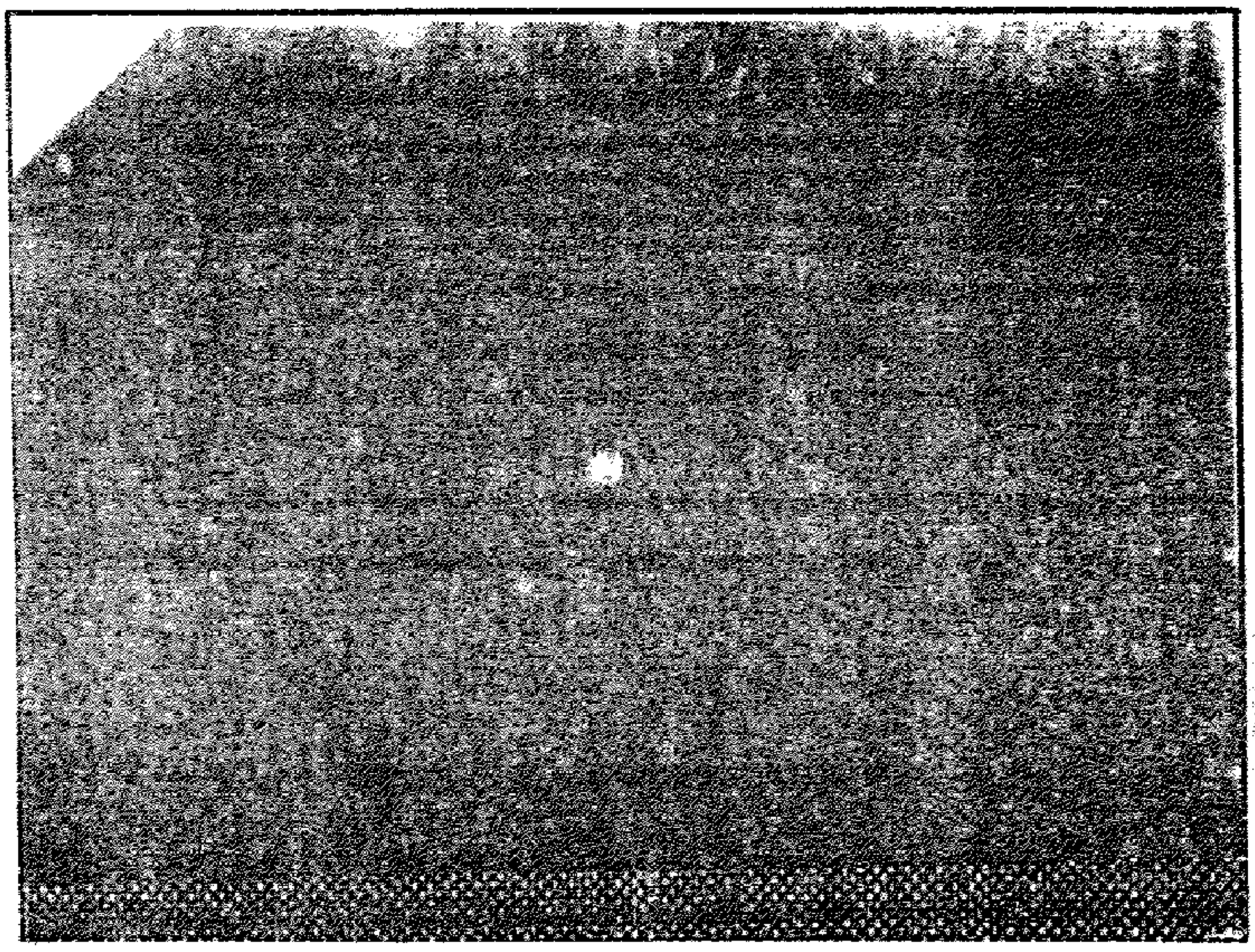
تظهر الأوراق بلون أخضر داكن – وتتحول قمة وحواف الأوراق إلى اللون الارجوانى أو البنى ثم تموت

تابع شكل (3 - 4)



ز - أعراض سمية الزنك على نباتات بنجر السكر

توقف شديد لنمو النبات – تُظهر الأوراق حديثة النمو أعراض مشابهة لأصفرار وشحوب نقص الحديد – يعقب ذلك ظهور نكرزة شديدة بالأنسجة



حـ- أعراض سمية الرصاص على أوراق نباتات القمح

تظهر أوراق النباتات باللون البنى المحمر مع وجود بقع ميتة... نكرزة محاطة بلون أحمر – وتتقدم الإعراض بشدة من الحافة إلى العرق الوسطى

تابع شكل (3 - 4)



ط- أعراض سمية الكادميوم على أوراق نباتات الذرة الشامية

يتحول لون الورقة إلى الأحمر الشديد (المحروق) من الحافة إلى العرق الوسطى وتبدو الأوراق المتأثرة بشدة حمراء ساطعة

تابع شكل (3 - 4)

1- المعالجة النباتية Phytoremediation: حيث تستخدم بعض الأنواع النباتية التى تتميز بقدرتها على تخليص التربة والماء من الملوثات المعدنية فى المعالجة الحيوية وتنقية البيئة من التلوث. ويعتمد ذلك على إمتصاص النبات للملوثات عن طريق الجذور، أو تخزين الملوثات فى النبات، أو تطايرها بواسطة النبات، أو تمثيل النبات لها، أو بأى توليفة من هذه الميكانيكيات. فقد أظهرت نتائج الدراسات تميز بعض أصناف النباتات الراقية بقوة تحمل لبعض العناصر الثقيلة، تنتمى إلى عائلات Cruciferae، Chenopodiaceae، Leguminosae، Caryophyllacae، Cyperaceae، Gramineae.

هذا وقد أستخدم نبات عدس الماء فى معالجة التلوث بالرصاص والزنك والحديد والمنجنيز والنحاس. كما أستخدم نبات الخردل Mustard فى معالجة التلوث بعنصر السيلنيوم، وأستخدم بعض أصناف الكانولا مثل Darkar فى معالجة التلوث بالكادميوم **(Qadir *et al.*, 2004)**.

2- وجد أن نبات الفول يستطيع النمو جيداً فى وجود متبقيات إحتراق القش فى الهواء لقدرته على تراكم كميات معنوية من مختلف أيونات العناصر، من خلال حث تخليق Phytochelatins من جذور النبات بفعل أيونات العناصر

الثقيلة. حيث أشارت الدراسات إلى دور مضادات الأكسدة Phytochelatins SH و Superoxid dismutase (SOD) فى تلافى إجهاد عنصر الكادميوم على البقوليات، ومن ثم تنظيف البيئة حيوياً (**Tripathi *et al.*, 2003**).

3- إستخدام الكائنات الحية الدقيقة التى تمتلك نظم من الأنزيمات تستطيع بها القيام بعمليات الأكسدة والاختزال وتحليل المركبات والتغذى عليها، وتقليل التلوث الكيميائى. فقد إستُخدم فطر الميكوريزا مع بكتريا *Pseudomonas putida* فى خفض تلوث التربة وأوراق سيقان نباتات القرطم بالزنك والحديد والنحاس (**Ramadan, 2003**).

كما يمتلك طحلبى Anabaena و Nostoc القدرة على إمتصاص كميات أكبر من عناصر الكادميوم والرصاص والنيكل، وتميز طحلب الـ Nostoc بقدرة أعلى فى هذا المجال (**Madkour *et al.*, 2003**).

4- إستخدام التسميد الحيوى بكائنات قادرة على إحداث تغييرات مفيدة فى ريزوسفير الجذور لخفض تلوث التربة والمياه والهواء. حيث تشمل المخصبات الحيوية على مثبتات للآزوت ومذيبات للفوسفات ومحررات للبوتاسيوم من المادة العضوية الموجودة فى التربة. ومن أمثلة هذه المخصبات: الميكروبين والسريالين والريزوباكترين والبيوجين والنتروبين والبلوجرين والفوسفورين. حيث حقق التسميد الحيوى أقل تركيزات من العناصر الثقيلة مثل الكادميوم والرصاص والزنك والحديد وكذلك النترات والنيتريت بحبوب وقش قمح الخبز مقارنة بالتسميد المعدنى (**El - Kalla *et al.*, 2004**).

5- إستخدام التقنية الحيوية فى المعالجة الحيوية. فقد وجد أن بكتريا mer operon تشفر لمجموعة من الجينات المسئولة عن نشاط وحركة أنزيمات هدم سمية الزئبق، وهذه الجينات تُستحث بالتحكم التنظيمى على مستوى النسخ الإيجابى أو السلبى. وقد أمكن حديثاً تطوير استراتيجية المعالجة والتى تهدف إلى إختزال كاتيون الزئبق Hg^{++} إلى صورة متطايرة غير فعالية من العنصر Hg° باستخدام البكتريا المقاومة للزئبق والتى تعتمد على نشاط إختزال الزئبق السيتوبلازمى وإصلاح البيئة الملوثة به.

كما أمكن إستخدام الـ Metallothionein protein كوسيلة متقدمة للتجميع الحيوى للزئبق المتحرك إلى الخلايا على نفس الأساس العلمى لنظام اختزال الزئبق لمعالجة المناطق الملوثة به (Ali and Gupta, 2003).

6- يتميز عنصر الزنك بالقدرة على تثبيط حركة الكادميوم خلال اللحاء، ومن ثم الحد من إنتقاله وتراكمه فى محاصيل الحبوب. حيث يفيد استخدام سماد كبريتات الزنك فى تقليل تلوث المحاصيل بالفلزات الثقيلة مثل الكادميوم، الأمر الذى ساعد فى إنتاج محصول حبوب من القمح والأرز خالى من التلوث (**Welch *et al.*, 1999 and Zaghloul and El - Ashry, 2003**).

7- أشارت نتائج الدراسات أن المعاملة الهرمونية بحمض الجبرليك أو الابسيسيك تحد من حركة وامتصاص العناصر الثقيلة مثل النيكل والكادميوم من الجذور إلى المجموع الخضرى ومن ثم التقليل من خطورتها (**Rubio *et al.*, 1994**).

8- يساعد إستخدام المواد المخلبية مثل Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) و Nitrilotriacetic acid (NTA) وكذلك الماء فى خفض التلوث بالعناصر الثقيلة ومنها الرصاص بنسبة 64.6 و 19.1 و 58٪، على الترتيب (**Peters and Shem, 1992**).

وعموماً تتعدد العوامل المؤثرة على تلوث نباتات المحاصيل ومنها كما أوضحها **عبد البارى (2000)** ما يلى :

1 – نوع النبات.
2 – عمر النبات.
3 – الجزء المستخدم من النبات.
4 – مدى حساسية أو تحمل النبات لمستويات العناصر الثقيلة.
5 – قيمة معامل السمية لكل عنصر من العناصر بالنسبة للنباتات النامية.

طبيعة المقاومة للتلوث بالعناصر الثقيلة :

Nature of resistance to heavy metal pollution

توجد بعض المصطلحات المتعلقة بمقاومة أصناف المحاصيل للتلوث بالعناصر الثقيلة يمكن سردها فيما يلى :

1 - التجنب Avoidance

يقصد بالتجنب قدرة الكائن الحى على منع Prevent إمتصاص كميات زائدة من العنصر إلى داخل خلاياه. ويعتمد التجنب على الميكانيكيات الآتية :

1- التغير فى نفاذية الغشاء الخلوى والاختيارية فى إمتصاص الأيونات، نتيجة التغير فى التركيب الجزيئى للغشاء، الذى يمنع مرور الأيونات السالبة.

2- التغير فى كفاءة إرتباط العنصر بيكتين وبروتين جدار الخلية والذى يتوقف على طبيعة الروابط الكهروستاتيكية والشحنة. وقد وضحت هذه العلاقة فى مقاومة نبات *Agrostis tenuis* لعنصر الزنك، وقدرة العنصر على الاندماج مع جدار الخلية **(Turner and Marshal, 1972)**. فيؤدى زيادة الشحنة الثابتة إلى زيادة مقاومة جدار الخلية لانتشار وتخلل أيون العنصر إلى داخل الخلية وانخفاض معدل إمتصاصه.

3- قدرة النبات على إنتاج مركبات عضوية أو غير عضوية مخلبية قادرة على مسك Chelating أو ترسيب العنصر.

2 - التحمل Tolerance

يعنى التحمل قدرة النبات على التغلب على والتعامل مع العناصر الثقيلة، والمتراكمة بكثافة فى بعض أجزائه. وتعتبر ميكانيكية التحمل من الميكانيكيات الفعالة عند تكامل الخصائص النباتية التى تمكن النبات من تحمل ضرر العنصر. ومن العوامل المسئولة عن التحمل ما يلى :

1- وجود أنظمة خلوية تنظم تعامل خلايا النبات مع هذه العناصر مثل إنتاج المركبات

الخلبية والتى تخدم النبات فى المحافظة على تيسر العناصر الضرورية للخلايا فى حدود معينة، أو تخدم النبات فى صورة تقليل تيسر العناصر غير الضرورية. ومن أمثلة المركبات الماسكة للعناصر، الأحماض الأمينية ومشتقات الأحماض الأمينية وحمض الستريك والماليك والفيتوشيلاتين وغيرها.

2- التغير فى ميتابوليزم الخلايا ونموذج العملية الحيوية للتغلب على الأثر الضار للأيون بزيادة مستويات الأنزيم الذى حدث له تثبيط، أو بزيادة العمليات المضادة للمركب المتراكم أو إجراء بعض العمليات الفسيولوچية بطرق مختلفة لتفادى المواقع التى تم تثبيطها بفعل الأيون الضار.

3- التغير فى نظام توزيع وانتقال العناصر، أو تقييد حركة الأيونات فى أماكن تجميع فى الجذور أو السوق أو الأوراق أو البذور.

4- التكيف مع العنصر السام وإحلاله فى عملية فسيولوچية إنزيمية معينة.

5- التخلص من العنصر السام عن طريق سقوط الأوراق أو بعمليتى الإدماع وإفرازات الأوراق والبراعم.

3 -المقاومة Resistance

تشمل المقاومة للعناصر الثقيلة كلٍ من ميكانيكية التجنب والتحمل. ويقصد بها قدرة النبات على مقاومة المستويات العالية من العنصر. والمقاومة صفة وراثية محكومة بعوامل وراثية، وترتبط مع وجود العنصر ومستويات تيسره فى التربة. وقد تكون المقاومة متخصصة Specific تجاه عنصر معين أو غير متخصصة Non - specific تؤدى إلى مقاومة الصنف لعديد من العناصر الموجودة فى الوسط الذى يعيش فيه النبات. وتظهر مقاومة النبات للعنصر عند وجوده بمستويات عالية، أقل من حد السمية.

الباب الثالث

الأساس الفسيولوچي والكيموحيوي لتحمل الملوثات البيئية

الباب الثالث

الأساس الفسيولوجي والكيموحيوي لتحمل الملوثات البيئية

Physiological and biochemical basis for environmental pollutants tolerance

تستطيع بعض النباتات التغلب على سمية الملوثات وتحويلها إلى أشكال أقل سمية. كما تلعب بعض المركبات النباتية مثل البولى أمين Polyamines و Mettallothionine و Adenosyltransferase دوراً فى حماية النبات من ضرر الأوزون. علاوة على ذلك، تتميز بعض أصناف المحاصيل بالقدرة على الاستشفاء من الضرر الحادث للكلوروفيل من خلال ميكانيكية الإصلاح، والذى سجل فى صنف عباد الشمس Php R_3 المقاوم للأوزون والصدأ، فى حين يستمر الضرر على الأصناف الحساسة (Grobbelaar and Mohn, 2002).

كما ظهرت بعض الحاميات النباتية Heavy metals or herbicide safener مثل AD - 67 والتى تعمل على حماية النبات من الأثر الضار للملوثات أو تقليل هذا الأثر، حيث صاحب إستخدامها فى الذرة الشامية تحسن مؤشرات نمو المجموع الخضرى والجذرى ونشاط الأنزيمات تحت تأثير المعاملة بالعناصر الثقيلة ومبيدات الحشائش (شكل 3 - 5) (Aioub, 1994).

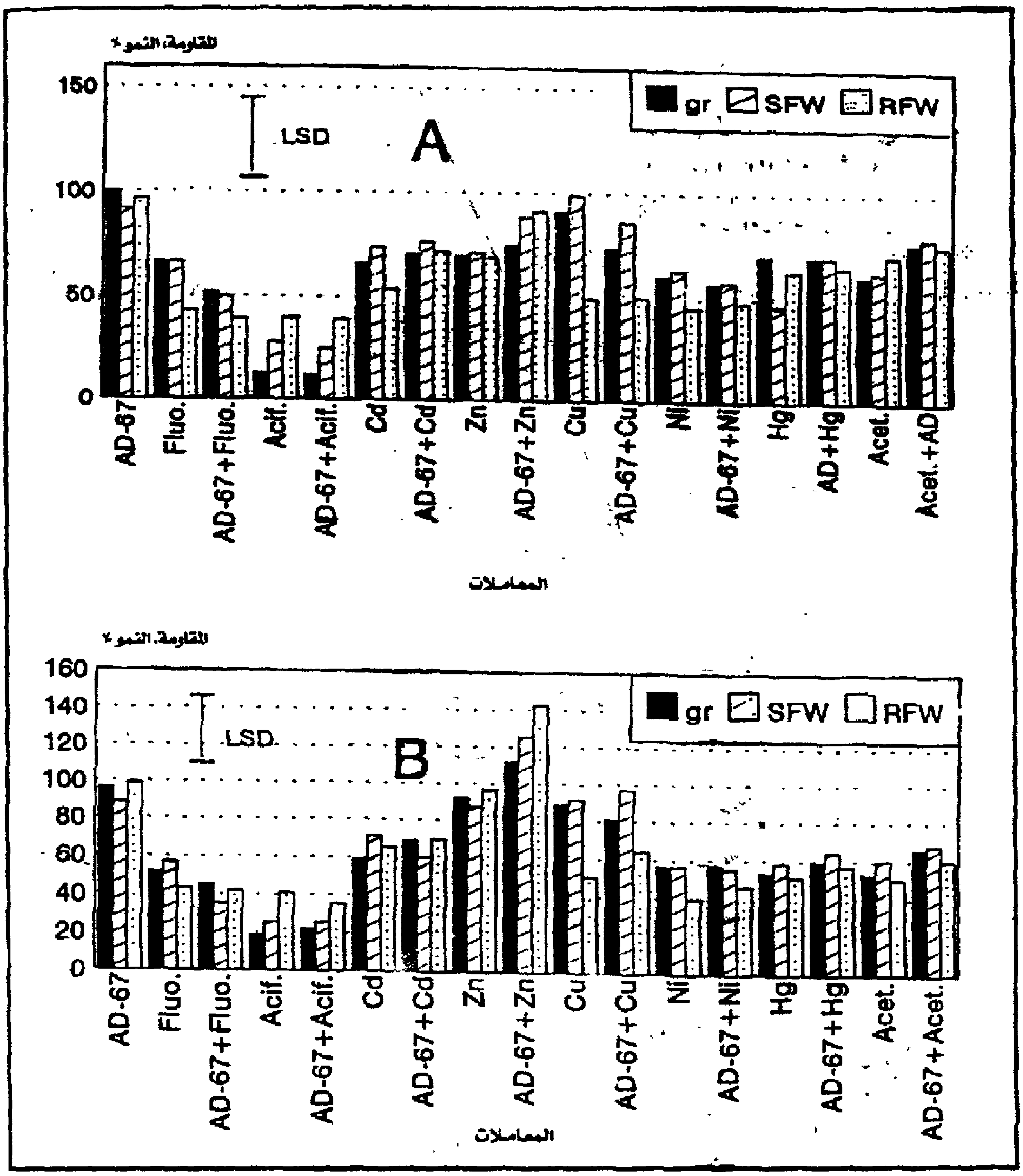
وعموماً ترجع قدرة النباتات على تحمل التلوث إلى العديد من الصفات النباتية التى يمكن مناقشتها على النحو التالى :

أولاً: الصفات الفسيولوجية Physiological characters

1- محتوى الكلوروفيل والكارتينويدات Chlorophyll and cartenoids contents

يعتبر محتوى الكلوروفيل والكارتينويدات مؤشر بسيط موثوق به. يدل على مدى تحمل سلالات وأصناف المحاصيل للتلوث البيئى، كما يمثل نموذج جيد لتعيين سمية الملوثات فى النباتات الراقية.

فقد وجد إرتباط معنوى بين ثبات الكلوروفيل والمقاومة لضرر الأوزون، على جانب وفقد الكلوروفيل والأعراض المرئية للنكررة فى الأصناف الحساسة من المحاصيل البقولية



شكل (3 - 5): تأثير خلط بعض الحاميات النباتية مثل Safener AD - 67 مع مبيدات الحشائش Fluo و Acif والفلزات الثقيلة على نمو الجذور والسيقان لهجين الذرة الشامية (A) الصنف بيونير 3839 و Rosa (B)

تشير: (gr) : معدل النمو

SFW: الوزن الغض للسيقان.

RFW: الوزن الغض للجذور.

(عن: أيوب، 1994)

والدخان، على الجانب الآخر **(Knudson *et al.*, 1977 and Poornima *et al.*, 2003)**. ولاحظ **Saurer** وآخرون **(1991)** نقص تركيز الكلوروفيل ومعدلات النتح وصافى تمثيل ثانى أكسيد الكربون الممتص بأوراق القمح وكفاءة إستخدام الماء فى أوراق أصناف القمح الحساسة نتيجة التلوث بالأوزون. كما وجد **Lee (1999)** توافق قوى بين التغيرات فى إستشعاع الكلوروفيل فى البقوليات والأعراض المرئية لضرر الأوزون كما لوحظ حدوث زيادة فى محتوى كلورفيل بعض أصناف الدخان نتيجة التأثير المشترك للمعاملة بالعناصر الثقيلة كالنحاس والزنك والرصاص والإصابة بفيروس البطاطس × **(Shevchenko *et al.*, 2002)**. مقترحاً أهمية إستخدام هذه الصفة مؤشراً لميكانيكية التمثيل الضوئى والأيض وغربلة النباتات لمقاومة التلوث.

2- سلوك الثغور Stomatal behaviour

تختلف إستجابة ثغور أصناف المحاصيل لإجهاد الملوثات البيئية حيث لوحظ أن ثغور الأصناف المقاومة للأوزون تقفل عند التعرض للغاز، ومن ثم يتوقف التبادل الغازى إلى الأنسجة، ثم تستعيد فتحها عندما يخلو الهواء من التلوث. فى حين، تظل ثغور الأصناف الحساسة مفتوحة ويحدث التبادل الغازى وضرر الخلايا البارنشيمية وإحتراق الأنسجة

فقد إرتبطت مقاومة صنف الدخان Bel - B وحساسية الصنف Bel - W_3 للأوزون مع سلوك الثغر والصفات الكيموحيوية للأوراق **(Rhoads and Brennan, 1975)**.

كما أن إنخفاض كثافة الثغور بمقدار الثلث كان مرتبطاً مع المقاومة الصنفية مودياً إلى نقص كمية الأوزون الداخل إلى الورقة، حيث بلغت كثافة الثغور 25 - 26/ م^2 على السطح السفلى للورقة فى صنفين مقاومين من الدخان، فى حين كان المدى من 35 - 41/ م^2 فى صنفين قابلين للإصابة (عن: **Reinert *et al.*, 1982**).

هذا وقد وجدت إختلافات بين أصناف القطن والطماطم فى الحساسية للأوزون، إلا أنها لم ترتبط مع الاختلافات فى معدل إنفتاح الثغور **(Temple, 1990 a and 1990 b)** فى حين تمتع صنف الفاصوليا المصرى جيزة 3 بالمقاومة العالية لضرر الأوزون لتمتعه بقدرة جيدة على التحكم فى غلق الثغور لمنع دخول الغاز، كما يمتلك الصنف جهاز

دفاعياً مقاوماً للأكسدة يعمل بكفاءة لحماية الأغشية الخلوية من أضرار المواد المؤكسدة (Madkour, 1998).

ومن المعروف أن حمض الابسيسيك يؤثر على إستجابة الثغور. فقد تميزت أصناف الأرز المقاومة للأوزون بمحتوى عالى من حمض الابسيسيك مقارنة بالأصناف الحساسة. وأنه يمكن إضافته خارجياً لتقليل ضرر الأوزون على النباتات من خلال حثه قفل الثغر (Jeong *et al.*, 1980).

وتتأثر حركة ونشاط الثغر بإجهاد العناصر الثقيلة، فعند تعريض سلخ من إيبدرم الفول البلدى لعناصر الكادميوم والزنك والرصاص والنحاس والزئبق والفضة حدث قفل للثغور. وكان تأثير المعادن الثقيلة على الترتيب كما يلى؛ الزئبق والفضة > النحاس > الكادميوم والزنك > الرصاص. كما أدت العناصر الثقيلة إلى فقد فى محتوى البوتاسيوم K^+ من الخلايا الحارسة والتأثير على مسار إنتقاله. وعند تقدير المقاومة الثغرية للنباتات المعرضة لإجهاد الكادميوم والزنك والنحاس فى بيئات مائية كانت أقصى مقاومة ثغرية نتيجة إجهاد الكادميوم وأقل مقاومة لعنصرى النحاس والزنك (Kumar and Sharma, 2003).

ثانياً: الصفات الكيموحيوية Biochemical characters

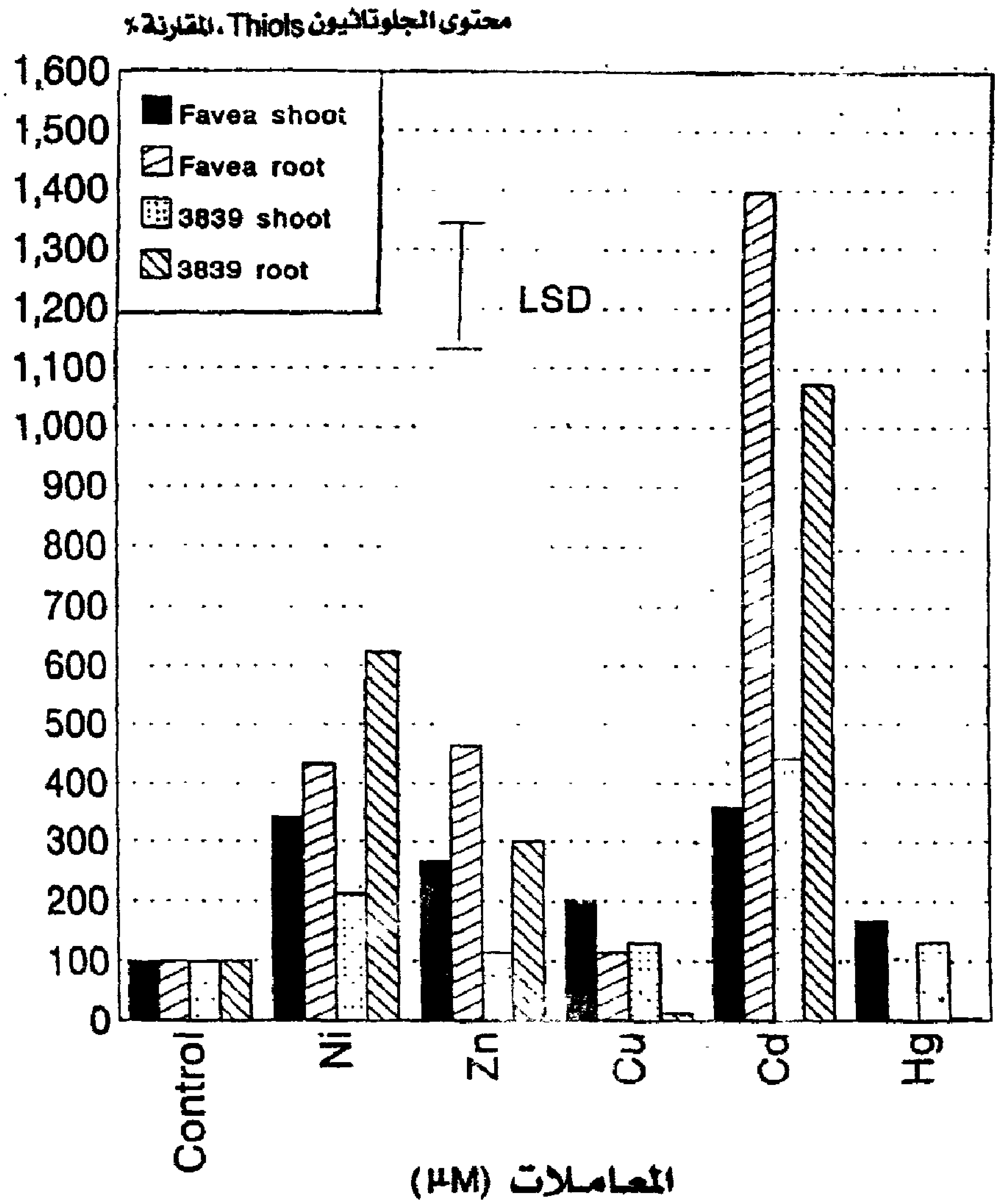
1- مضادات الأكسدة Antioxidants

تمتلك الأصناف المقاومة لضرر الأوزون جهازاً دفاعياً مقاوماً للأكسدة يعمل بكفاءة لحماية الأغشية الخلوية من الأكسدة. فقد ثبت أن التعرض للملوثات ينتج عنه تكوين مركبات مؤكسدة نشطة جداً فى التفاعل بداخل الخلية، وهذه المركبات تسبب ضغوطاً فسيولوچية تدفع الخلية إلى تخليق البروتينات الأنزيمية اللازمة لتحويل هذه المركبات إلى صورة غير ضارة لحماية أغشيتها من الأكسدة والتلف. حيث تعتمد مقاومة الأصناف على الاتزان الفسيولوچى الداخلى لتركيز إنزيمى سوبر أوكسيد ديسميوتيز (SOD) والجلوتاثيون المختزل (GR) وهما من الأنزيمات المضادة للأكسدة، والتى تؤدى إلى التخلص من أيونات السوبر أوكسيد (فوق الأوكسيد) الضارة بالخلية والناتجة عن التعرض للأوزون وغيره من الانحرافات الفسيولوچية (Madkour, 1998).

فقد أظهرت الدراسات حدوث زيادة ملحوظة فى مستويات مضادات الأكسدة من الجلوتاثيون الكلى Total glutathione وأنزيمات الجلوتاثيون المختزل Glutathione reductase و Glutathione - S - transferase، والبيروكسيديز Peroxidase و Ascorbate peroxidase و Superoxide dismutase (SOD) وغيرها من المكونات الكيموحيوية فى الأصناف المتحملة حال التعرض للملوثات البيئية. فقد وجد **Tanaka وآخرون (1990)** إرتباط عالى بين نشاط انزيم الجلوتاثيون المختزل ومقاومة أصناف الدخان للأوزون. كما ازداد نشاط أنزيمات البيروكسيديز والجلوتاثيون المختزل و Glutathione - S - transferase فى نباتات بنجر السكر المعرضة لتأثير الأوزون ومبيد phenmedipham **(Dixon *et al.*, 1996)**. وزادت مستويات الجلوتاثيون الكلى والمختزل فى صنف البسلة Progress المقاوم للتلوث بثانى أكسيد الكبريت مقارنة بالصنف الحساس Nugget. ولوحظ إرتفاع نشاط أنزيم Superoxide dismutase (SOD) فى الصنف المقاوم، ولكن متأخراً عن نشاط أنزيم Nitrate reductase ولم يتأثر مستوى حمض الاسكوربيك **(Madamanchi and Alschr, 1991)**. كما لم تتضح أى علاقة بين التركيزات المطلقة لحمض الاسكوربيك وتحمل أصناف فول الصويا للأوزون، ولكن ارتبطت مستويات التحمل مع القدرة على تجميع نواتج التمثيل الغذائى **(Hess *et al.*, 1983)**.

هذا وقد صاحب تعرض صنف القمح Aniene لإجهاد النيكل زيادة نشاط إنزيم البيروكسيديز و guaiacol والمركبات الفينولية فى الجذور والسيقان، والتى تقوم بالتخلص من Scavenger شقوق البيروكسيد الناتجة من سمية النيكل **(Pandolfini *et al.*, 1992)**.

وقد تباين محتوى الجلوتاثيون Thiols فى جذور وسيقان هجينى الذرة الشامية Favea وبيونير 3839 بعد 72 ساعة من المعاملة بالفلزات الثقيلة (شكل 3 - 6). وكان مستوى الجلوتاثيون مرتفعاً فى جذور الهجينين وأظهرا تحملاً لعنصر الكادميوم. كما أظهر الهجين بيونير 3839 تحملاً للنيكل، فى حين كان الهجين Favea حساس للعنصر، واختلف الهجينين فى حساسيتهما لباقى الفلزات **(Aioub, 1994)**.



شكل (3 - 6): مستويات الجلوتاثيون Thiols في السيقان والجذور لهجيني الذرة الشامية Favea وبيونير 3839 بعد 72 ساعة من التعرض للفلزات الثقيلة (عن: أيوب، 1994).

وقد تباينت أصناف الريب فى مقاومتها للأوزون والتلوث بالكادميوم ونميز الصنف Pusas Jai Kisan المقاوم للكادميوم بزيادة ملحوظة فى محتوى الجلوتاثيون ونشاط SOD وحمض الاسكوربيك وتجميع المادة الجافة ونشاط مضادات الأكسدة. وأشارت الدراسة إلى أهمية Metallothionine و Phytochelatins و Adenosyltransferase و Polyamines كمركبات مسئولة عن الحماية من ضرر الأوزون وسمية عنصر الكادميوم **(Qadir *et al.*, 2004)**. فقد ازداد تركيز Phytochelatins مع إجهاد الكادميوم، كوسيلة للتخلص Chelate من سمية العنصر **(Ann Tukendorf and Rauser, 1990)**.

وفى الأجواء الصناعية القريبة من المراكز الصناعية فى روسيا، لوحظ زيادة نشاط أنزيم البيروكسيديز والـ Apoplastic فى أصناف المحاصيل المعرضة للتلوث بالكبريت والنحاس والنيكل. وحدد نشاط البيروكسيديز كمؤشر لإجهاد التلوث حتى مسافة 40 كم من مصدر التلوث **(Roitto *et al.*, 1999)**.

2- محتوى الأحماض الأمينية والبرولين:

Amino acids and proline content

لوحظ فى عديد من الأنواع النباتية حدوث زيادة فى محتوى الأحماض الأمينية الحرة والبروتين عقب التعرض للملوثات البيئية. فقد صاحب تعرض أوراق نباتات القمح المتقدمة فى العمر لتأثير غاز ثانى أكسيد الكبريت، زيادة فى تركيز الأحماض الأمينيه الكلية والبروتين الذائب **(Huang *et al.*, 1993)**، كما ظهر نفس التأثير وزاد محتوى البروتين عقب تعرض أوراق فول الصويا لمدة 24 ساعة للأوزون **(Tingey *et al.*, 1973)**، فى إشارة إلى زيادة التخليق الحيوى للأحماض الأمينية والبروتينات تحت هذه الظروف.

وعند تعريض صنفا فول الصويا Dare الحساس للأوزون و Hood المقاوم لجرعة قدرها 5 µl/L من الأوزون لمدة ساعتين تحت ظروف غرف النمو، لوحظ إنخفاض تفاعل النترات Nitrate reaction بأكثر من 50٪ فى الصنف الحساس، ولم يتغير معنوياً فى الصنف المقاوم **(Purvis, 1978)**. كما أشارت الدراسات المتقدمة إلى دور البولى امينات Polyamines فى الحماية من ضرر الأوزون والعناصر الثقيلة **(Qadir *et al.*, 2004)**، إلا

أنه لوحظ فى بعض الأنواع النباتية مثل الراى حدوث نقص فى المحتوى الكلى من الأحماض الأمينية والأمينات والاسبرجين والجلوتامين عقب التعرض لغاز ثانى أكسيد الكبريت والذى أعزى إلى هدم الأنزيمات المسئولة عن مسارات تخليق تلك الأحماض الأمينية. إلا أن **Noji وآخرون (2001)** لاحظوا زيادة تخليق الحمض الأمينى السستئين فى أصناف الدخان المتحملة للتلوث بثانى أكسيد الكبريت والسلفيت والأوزون.

وفيما يتعلق بدور البرولين فى تحمل الإجهاد البيئى، لوحظ زيادة تراكمه فى أوراق وجذور النباتات كاستجابة كيموحيوية لإجهاد ملوثات الهواء والعناصر الثقيلة. فقد لوحظ زيادة معنوية فى مستويات تراكم البرولين فى صنف الأرز Tk M_9 - GR_3 المقاوم للتلوث بغاز ثانى أكسيد الكبريت مقارنة بالصنف CO43 الأكثر حساسية للغاز **(Anbazhagan *et al.*, 1988)**. كما زاد محتوى البرولين باوراق الفول البلدى تحت إجهاد الفلزات الثقيلة من الكادميوم والنحاس والزنك **(Kumar and Sharma, 2003)** وكذا فى حشيشة الليمون Lemongrass تحت إجهاد الكادميوم والزئبق والرصاص **(Handique *et al.*, 2003)**. ويفسر ذلك دور البرولين كمؤشر للإجهاد وتحمل التراكيب الوراثية للملوثات البيئية.

3 - محتوى الأحماض الدهنية Fatty acids content

يحتوى الغشاء الخلوى لخلايا النبات على محتوى عالى من الأحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة والتى تختلف كميتها حسب البيئة التى يعيش فيها النبات. وقد تباينت نتائج الأبحاث فيما يتعلق بدور الأحماض الدهنية فى الحماية من ضرر الملوثات البيئية أو تأثير التلوث البيئى على تخليق الأحماض الدهنية والليبيد. فقد تأكد تأثير الأوزون على التخليق الحيوى لليبيدات فى الكلوروبلاست المعزولة. وكذا تأثير غاز ثانى أكسيد الكبريت السلبى على محتوى الأحماض الدهنية والليبيد والذى أعزى إلى أكسدة سلاسل الأحماض الدهنية ونشاط الشقوق الحرة وتجمع مادة Malonaldehyde والتى تتكون فى أوراق عديد من الأنواع النباتية المضارة بالغاز **(Peiser and Yang, 1979)**.

وقد أظهرت نتائج الدراسات المتقدمة باستخدام النباتات المعدلة وراثياً والسلالات الطفرية، أن التغيرات فى محتوى الأحماض الدهنية غير المشبعة؛ الأوليك و اللينوليك

واللينولينيك مرتبطة بشدة مع تحمل النباتات لمختلف طرز الإجهاد سواء غير الحيوى أو الحيوى (Iba, 2003).

4- محتوى الكربوهيدرات Carbohydrate content

قد يزيد أو ينقص مستوى السكريات الذائبة والكربوهيدرات فى أوراق النباتات المعرضة للملوثات البيئية. فقد أشارت الدراسات إلى تأثير ملوثات الهواء مثل الأوزون وثانى أكسيد الكبريت على أيض الكربوهيدرات.

هذا وقد إرتبطت مقاومة نباتات الفاصوليا للأوزون مع محتوى الأوراق العالى من السكر الذائب (Duggar *et al.*, 1962). كما تميزت النباتات المعرضة لثانى أكسيد الكبريت بزيادة كميات السكريات الذائبة والمختزلة ونقص فى السكريات غير المختزلة (Malhotra and Sarkar, 1979)، وظهرت زيادة ملحوظة فى محتوى السكر الذائب والفينول فى نباتات القمح المتحملة عقب التعرض لملوثات الهواء (Agrawal *et al.*, 2003).

الباب الرابع
الاختلافات الصنفية في تحمل الملـوثات البيئـة

الباب الرابع

الاختـلافات الصنفيـة في تحمــل الملـوثات البيئيـة

Varietal differences in environmental pollutants tolerance

أظهرت كثير من الدراسات الوراثية وجود إختلافات وراثية بين الأنواع النباتية بل وأصناف النوع الواحد فى درجة حساسيتها للتأثر بالملوثات البيئية. وقد تم دراسة هذا الاختلاف فى عدد من المحاصيل الحقلية والبستانية. ووجد أن النباتات تتباين فى درجة تحملها للملوثات باختلاف مراحل نموها، فالنباتات البالغة أقل تأثراً من البادرات كما أن النباتات رباعية الكربون أكثر قدرة على تحمل الملوثات مقارنة بالنباتات ثلاثية الكربون. ويلعب الانتخاب الطبيعى والصناعى دوراً فى إمكانية الحصول على تراكيب وراثية مقاومة للملوثات.

القمح Wheat

عند إختبار بعض أصناف القمح لضرر الأوزون عند تركيزات 0.012 - 0.12 جزء فى المليون، لمدة 7 ساعات، على مدى 55 يوم، تميز الصنف Poland بدرجة عالية من الحساسية مقارنة بالأصناف Abc و Arthur **(Kress *et al.*, 1985)**. كما أمكن ترتيب أصناف القمح حسب درجة تحملها للأوزون على النحو التالى < GC 510 < SS 2086 SJ_2 < Cl **(Temple, 1990 a)**.

كما كان صنفا القمح Grana و Beta أقل حساسية عند تعريضها لتركيز 0.5 جزء فى المليون من ثانى أكسيد الكبريت لمدة 6 ساعات على مدى 11 يوم وحدث ضرر فقط لـ 2 - 3٪ من مساحة الورقة **(Bialobok, 1990)**. علاوة على ذلك، أظهرت أصناف القمح K 816 و K 7402 و K 7915 و UP 368 حساسية لرابع أكسيد الكبريت، فى حين كانت الأصناف Sonalika و HI 1077 و K 8565 و K 7410 و HUW 206 أكثر تحملاً لضرر ثانى أكسيد الكبريت **(Pavgi *et al.*, 1991)**.

وقد سجلت إختلافات وراثية بين أنواع القمح فى إمتصاص وإنتقال الكادميوم وكانت الأقماح الثنائية أعلى فى هذه القدرة مقارنة بالرباعية أو السداسية .كما سُجلت أختلافات معنوية فى داخل الأقماح الرباعية وأظهرت الأصناف القديمة قدرة أعلى على إمتصاص الكادميوم المعلم ^{109}Cd عن الأصناف الحديثة. كما إمتص صنف القمح الثنائى "FAL - 34" أقل كمية من الكادميوم ولكن حدث به إعادة إنتقال لأكبر كمية إلى الجذور والسيقان (**Cakmak *et al.*, 2000**). وكان محتوى الكادميوم فى حبوب صنف قمح الديورم STD40 عالياً مقارنة بالآباء Fanfarron و Tschernovska فى إشارة إلى إحتواء الصنف STD40 على جين أو جينات مختلفة تؤثر فى محتوى الحبوب من الكادميوم (**Clarke *et al.*, 1997**).

الشعيروالراي Barley and Rye

سُجلت إختلافات صنفية فى مقاومة أصناف الشعير والراى لثانى أكسيد الكبريت، ويتوقف الضرر على معدل إمتصاص وإنتشار الغاز خلال الثغور والرطوبة النسبية للوسط المحيط. وأظهرت أصناف الشعير Dura و Goplan'ski ، وأصناف الراى Zotote و Dan'kowskie و Rota و Liwilla ضرر متوسط (5.7٪ ضرر لمساحة الأوراق)، وكانت أصناف الراى Dan'kowskie Nowe و Paster أكثر حساسية للاصفرار والنكرزة حيث أضير 14٪ من مساحة الورقة (**Bialobok, 1990**).

الأرز Rice

تتميز معظم أصناف الأرز الهندية والصينية بالمقاومة العالية للأوزون عن الأصناف اليابانية (**Sohn-Jaekeun *et al.*, 2002**).

وأظهر صنف الأرز Tk M_9 - GR_3 مقاومة للتلوث بثانى أكسيد الكبريت، حيث تميز بمحتوى عالى من البرولين مقارنة بالصنف CO43 (**Anbazhagan *et al.*, 1988**)، كما كان صنف الأرز BAM 6 أكثر تحملاً للمنبعثات الصناعية من Chloro - alkali والزئبق مقارنة بالصنف الحساس T_{90} (**Das and Pandhy, 2003**).

وقد وجدت إختلافات معنوية فى محتوى القش والأرز البنى والعصافات من

الكادميوم بين 52 صنف من الأرز تابعة للطرز الهندية واليابانية؛ جمعت من مناطق مختلفة من الصين، وتباين محتوى حبوب الأرز البنى من الكادميوم من 0.22 إلى 2.86 مجم/ كجم (**Liu *et al.*, 2004**).

الذرة الشامية Maize

تباينت هجن الذرة الشامية في درجة تحملها للتلوث بالفلزات الثقيلة (**Aioub, 1994**)، حيث تميزت الهجن المجرية بيونير 3615 ، Rosa و Favea وبيونير 3747 بالحساسية العالية للنحاس، والكادميوم، والنيكل والزئبق، على الترتيب.في حين كانت هجن الذرة الشامية بيونير 3747، وبيونير 3839 و Tisia أكثر تحملاً لإجهاد النحاس، (الكادميوم والنيكل)، والزئبق، على الترتيب.

الذرة الرفيعة Sorghum

أظهر صنف الذرة الرفيعة K_{10} حساسية لعنصر الكروم في حين كان الصنف Co - 27 أكثر تحملاً (**Shanker *et al.*, 2004**).

فول الصويا Soybean

تميزت أصناف فول الصويا Forrest و Hutton بحساسيتها للأوزون عند تركيز 0.10 جزء في المليون، في حين كان الصنف Essex مقاوماً (**Heagle and Letchnorth, 1982**).كما كانت الطرز الخضرية من أصناف فول الصويا Black و Verde و Aoda و PI 417310 حساسة للأوزون، في حين كانت الأصناف Kahala و Green أكثر تحملاً (**Mebrahtu and Mersie, 1992**). علاوة على ذلك، لوحظ أن حساسية أصناف فول الصويا لضرر ثاني أكسيد الكبريت والتي قيست بالتغير في العرش الورقي كانت بالترتيب الآتي :

Hark < Amsoy < Corsoy < Wells < Callands < Beeson.

(Amundson and Weinsteim, 1981)

وبالتقييم الحقلى لثمانية أصناف من فول الصويا هى:

PKV_1، PVK2، PK 472، JS 75 - 46، JS 79 - 81، JS 80 - 21، MACS 58، Punjab1 للتلوث بغبار الأسمنت عند مستويات صفر، 1، 3، 5 جم غبار أسمنت/ مساحة متر مربع على مدى ثلاث مواسم زراعية، 92 /1993، 93 /1994، 94 /1995. تميز الصنف JS 80 - 21 بقدرة أعلى على إنتاج محصول مرتفع وتحمل مستويات التلوث بالأسمنت يليه الصنف PKV_1 ثم JS 79 - 81، على الترتيب (**Potkile *et al.*, 1999**).

الكانولا Canola

تتميز بعض أصناف الكانولا مثل الصنف Drakar بالقدرة على تجميع عناصر الحديد والمنجنيز والزنك والنحاس فى أعضائه ثم التخلص من الأعضاء الملوثة وبالتالى تنقية التربة مقارنة بالسلالة Line Na_3. هذا وقد سجلت إختلافات معنوية بين عشرة أصناف الكانولا فى الصفات المرتبطة بمقاومة سمية عنصر الكادميوم، وأظهر الصنف Pusas Jaı Kisan أعلى مستوى من تراكم المادة الجافة ومحتوى الجلوتاثيون ومضادات الأكسدة والمقاومة لسمية عنصر الكادميوم (**Qadir *et al.*, 2004**).

القطن Cotton

انخفض محصول القطن معنوياً نتيجة التعرض للأوزون وكان ترتيب الأصناف حسب حساسيتها كالآتى: SS 2086 > GC510 > C1 > JS2 (**Temple, 1990 a**).

ولاشك، فى أن هذه الإختلافات الوراثية تمثل أهمية لمربى النبات عند البدء فى تنفيذ برنامج تربية لإستنباط أصناف من المحاصيل الحقلية تتحمل أثر الملوثات البيئية.

الباب الخامس

السلوك الوراثي لتحمل الملوثات البيئية في بعض المحاصيل الحقلية

الباب الخامس
السلوك الوراثي لتحمل الملوثات البيئية في بعض المحاصيل الحقلية
Genetic behaviour for environmental pollutants tolerance in some field crops

تفيد دراسة السلوك الوراثى لتحمل الملوثات البيئية فى تحديد طبيعة الفعل **الجينى** المتحكم فى الصفة وإختيار طريقة التربية المناسبة. وتعتبر الدراسات الوراثية التى **أجريت** فى هذا الصدد محدودة للغاية. وفيما يلى إستعراض لبعض هذه المجهودات البحثية.

القمح Wheat

لدراسة الأساس الوراثى لتحمل القمح للكادميوم قام **Clarke ومعاونوه (1997)** بعمل تحليل وراثى لنباتات الجيل الثانى F_2 وعائلات الجيل الثالث F_3 فى هجين **واحد** وعائلات الجيل الثالث F_3 والرابع F_4 فى هجينين وعائلات الجيل التاسع F_9 **لثلاث** هجن تحت الظروف الحقلية. وأشارت النتائج أن وراثة محتوى الحبوب من الكادميوم يتحكم فيه چين فردى مع سيادة المحتوى المنخفض من الكادميوم على المحتوى العالى. وكانت تقديرات معامل التوريث بتحليل الإنحدار أو بمكونات التباين عالية (> 75٪) **فى** إشارة إلى جدوى التربية لأصناف منخفضة فى محتوى الحبوب من الكادميوم. **وقد** تمكن **Penner وآخرون (1995)** بتقنية الـ RAPD من تعيين اليل واحد يتحكم **فى** المحتوى المرتفع من الكادميوم فى قمح المكرونة.

الأرز Rice

أمكن دراسة الأساس الوراثى لمقاومة الأرز لضرر الأوزون **(Sohn - Jaekeun *et al.*, 2002)** فى إثنين من الهجن بين الأصناف المتباينة فى مقاومتها. حيث كانت نباتات الجيل الأول الناتج من التهجين بين مقاوم × قابل للإصابة، وسطاً فى رد فعلها

للأوزون، وتمشى توزيع نباتات الجيل الثانى مع المنحنى الطبيعى. وتراوحت تقديرات معامل التوريث فى المعنى العام من 84.3 - 88.3٪ .

وفيما يتعلق بدراسة الأساس الوراثى لتحمل العناصر الثقيلة، أمكن فى تايوان، دراسة وراثة تحمل الأرز لعنصر الكادميوم باستخدام نظام الداياليل 6 × 6 بزراعة البذور فى إثنين من المحاصيل المغذية؛ الأول: الكنترول، والثانى: إضافة 20 جزء فى المليون من الكادميوم. وتم تقدير صفات؛ وزن المجموع الجذرى، وزن المجموع الخضرى، وطول الساق وطول البادرة عند عمر 18 يوم. وقيس دليل تحمل الكادميوم لكل صفة وكل تركيب وراثى كنسبة مئوية من حجم الصفة فى وجود الكادميوم منسوباً إلى قيمة الكنترول. وأشارت نتائج التحليل الوراثى إلى ما يلى:

1- كانت تأثيرات الفعل الچينى المضيف والسيادة الفائقة معنوية لجميع الصفات.

2- كان توزيع الاليلات متماثل مع زيادة الاليلات السائدة فى الآباء المتحملة.

3- تراوحت تقديرات معامل التوريث فى المعنى الخاص من متوسطة إلى عالية لجميع الصفات موضحاً أهمية الإنتخاب المتكرر فى تحسين تحمل الأرز لعنصر الكادميوم **(Wu - Shutu *et al.*, 2000)**.

الذرة الشامية Maize

يتباين معدل ضرر أوراق الذرة السكرية نتيجة التلوث بالأوزون من قريب من الصفر فى أحد عشر هجيناً إلى ضرر شديد فى ثلاث وعشرين آخرين، موضحاً وجود أكثر من زوج من الچينات تتحكم فى الصفة **(Cameron *et al.*, 1970)**.ويتوقف السلوك الوراثى للمقاومة على التركيب الوراثى للآباء، فعند التهجين بين سلالة الذرة السكرية NK 6942 (المقاومة) مع السلالة NK 6604 المرباة داخلياً (الحساسة)، كان الجيل الأول حساساً مماثلاً للأب الحساس للضرر وأعطت إنعزالات الجيل الثانى بعض النباتات المقاومة. فى حين أعطت الهجن بين الآباء المقاومة، نباتات مقاومة تماماً فى الجيل الأول والثانى. مقترحاً أهمية التأثير المضيف أوتأثير السيادة غير الكاملة فى وراثة الصفة **(Cameron, 1975)**.

وبالنسبة للسلوك الوراثى لتحمل العناصر الثقيلة فقد أظهرت دراسة Brkic وآخرون (2004) إرتفاع معامل التوريث لمحتوى حبوب الذرة الشامية من النحاس والمنجنيز والزنك، فى حين كانت تقديرات معامل التوريث منخفضة إلى متوسطة للنيكل والحديد والبورون.

فول الصويا Soybean

عند تقدير بعض المؤشرات الوراثية لتحمل ضرر الأوزون فى 133 صنف من فول الصويا عرضت لتركيز 0.6جزء فى المليون من O_3 لمدة ساعتين فى غرف نمو، كان معامل الاختلاف الوراثى ومعامل التوريث ومقدار التحسين الوراثى المتوقع بالانتخاب عالياً (Mebrahtu and Mersie, 1999).

وبالنسبة لوراثة التحمل للعناصر الثقيلة فقد أظهر التحليل الوراثى بنظام الدياليل 9 × 9 بين أصناف متأقلمة زرعت فى مساحات عالية وأخرى منخفضة فى عنصر الالمونيوم، أن الموديل الوراثى البسيط (المضيف – السيادى) كان مناسباً لتفسير الإختلافات الوراثية بين جيرمبلازم فول الصويا فى تراكم عنصر المنجنيز، فى حين كانت التأثيرات الوراثية أكثر تعقيداً لعناصر الحديد والزنك والنحاس والموليبدنيوم (Spehar, 1995). وقد أشارت بعض الدراسات البحثية أن مقاومة أصناف فول الصويا لسمية عنصر المنجنيز يتحكم فى وراثتها عديد من الجينات Polygenes مع وجود تأثيرات للوراثة الأمية (عن: Singh, 2004).

السلوك الوراثي لمقاومة الملوثات البيئية في بعض نباتات المحاصيل الأخرى الراقية:

في الدخان: أظهرت الدراسات المبكرة التى قام بها Sand (1960) أن مقاومة نباتات الدخان لضرر الأوزون محكوم وراثياً بعدد من الجينات، وكانت هجن الجيل الأول أكثر مقاومة من الآباء، مع حدوث إنعزال فائق الحدود فى الجيل الثانى. وأدى الانتخاب للمقاومة الراجعة لتكوين نقط Fleck فى الجيل الرابع F_4 إلى إنتاج نسل يفوق أحسن الآباء فى المقاومة. إلا أن Provilaitis (1967) أوضح أن الجيل الأول الهجينى كان

أكثر حساسية لضرر الأوزون Weather fleck عن متوسط الآباء فى خمسة هجن من الستة المدروسة. فى إشارة إلى أن الحساسية ربما تكون سائدة على المقاومة. وعلى الجانب الآخر، كان الجيل الأول الهجين وسطاً فى رد فعله للأوزون بين أبوى الهجين 6524 (المقاوم) × Bel - W_3 (الحساس)، وكان 40٪ من إنعزالات الجيل الثانى وسطاً بين الآباء، فى إشارة إلى أن الأعراض الشديدة لضرر الأوزون على الصنف Bel - W_3 محكومة على الأقل بإثنين من الچينات المستقلة (**Taylor, 1968**).

ويبدو أن الفعل الچينى المضيف يلعب دوراً هاماً فى وراثة تحمل الدخان للأوزون، مقترحاً إمكانية تحسين التحمل من خلال الانتخاب المظهرى (**Aycock, 1972**)، فى حين أظهرت بعض الدراسات أن التباين الوراثى المضيف هو المتحكم فى الحساسية للأوزون مع وجود قليل من التأثيرات الراجعة إلى السيادة والتفوق (عن: **Reinert *et al.*, 1982**).

فى الفاصوليا، أمكن تقسيم التراكيب الوراثية إلى حساس ومتوسط الحساسية ومتحمل للأوزون. وأظهرت نتائج التحليل الوراثى وجود زوجين على الأقل من العوامل الوراثية تتحكم فى وراثة الصفة (**Davis and Krebs, 1974 and Butler and Tibbits, 1979**).

ويعتبر الفعل الچينى المضيف هو المتحكم فى مقاومة الفاصوليا للأوزون وتراوحت تقديرات معامل التوريث فى المعنى العام من 51.4 - 70.5٪. فى إشارة إلى أن المستويات العالية من عدم الحساسية لضرر الأوزون يمكن أن تنتقل إلى الأصناف التجارية المتميزة محصولياً خلال فترة قصيرة نسبياً (**Mabrahtu *et al.*, 1990 a**). هذا وقد أظهرت تراكيب الفاصوليا الأبوية PI 304833 و PI 300657 و Eagle قدرة عامة على الائتلاف مناسبة للتربية لعدم الحساسية للأوزون (**Mebrahtu *et al.*, 1990 b**).

وفى الطماطم، أمكن دراسة الأساس الوراثى لتراكم الكادميوم والرصاص والنيترات Nitrate تحت الظروف الحقلية فى منطقة شيرنوبيل من خلال تحليل الدياليل، حيث لوحظت إختلافات معنوية تراوحت من 2 - 5 أضعاف بين الأصناف فى القدرة على

تراكم الملوثات والتى كانت محكومه بالسيادة الفائقة Overdominance، كما ظهرت قوة هجين مفيدة فى صالح خفض تراكم الملوثات فى ثمار الطماطم. وأفادت الدراسة وجود اختلافات وراثية نوعية فى إمتصاص وتوزيع السترانشيوم و السيزيوم بين الطماطم والبصل والجزر والباذنجان فى منطقة جوميل بتشيرنوبيل، كما كانت هناك إمكانية لانتخاب تراكيب وراثية أكثر مقاومة للأشعة النووية **(Kilchevsky *et al.*, 1999)**.

وفي الخيار، تمكن **محجوب وآخرون (1998)** من دراسة الطبيعة الوراثية للاستجابة الكيموحيوية للتلوث بالمعادن الثقيلة؛ الكادميوم والرصاص من خلال تحليل العشائر الستة لثلاث هجن بين أربعة آباء متباينة. وأظهرت النتائج أن إستجابة الأب PI 385967 لإجهاد الرصاص محكوم وراثياً بجين أو جينات سائدة. وكانت تأثيرات الفعل الچينى المضيف والسيادى ذات أهمية فى إستجابة التراكيب الوراثية لإجهاد الكادميوم والرصاص، مع سيادة الفعل الچينى السيادى.

وفي الثوم، أشارت نتائج التحليل الوراثى أن المقاومة لضرر الأوزون تعتمد على چين فردى سائد والذى ينظم حساسية الغشاء الخلوى للأوزون **(Engle and Gabelman, 1966)**.

الباب السادس

جهود التربية لتحمل الملوثات البيبيه

الباب السادس

جهود التربيـة لتحمل الملوثات البيئية

Breeding efforts for environmental pollutants tolerance

طرق التربية التقليدية Traditional Breeding methods

توجد بعض الجهود البحثية التى ساعدت فى تحقيق بعض التقدم فى مجال التربية لتحمل الملوثات البيئية يمكن تناولها على النحو التالى :

أولاً: الانتخاب Selection

يلعب الإنتخاب الطبيعي والصناعى دوراً هاماً فى تحسين مقاومة التراكيب الوراثية لضرر الملوثات البيئية، فقد أفرزت بعض الأصناف المتحملة من المحاصيل الزراعية نتيجة وجودها فى مناطق ترتفع فيها طبيعياً نسبة الملوثات.

وجدير بالذكر، أن إمكانية تحقيق تحسين فى مقاومة العشائر للملوثات البيئية ممكنة، عن طريق الانتخاب المظهرى أو الانتخاب الدورى البسيط أو الانتخاب المتكرر لعائلات الأخوة الأشقاء، لاسيما عندما تمثل تقديرات الفعل الجينى المضيف والقدرة العامة على الائتلاف الجزء الأكبر من التباين الوراثى.

فقد أشارت الدراسات إلى تحقيق تحسين فعلى فى تحمل نباتات القمح لملوثات الهواء من أكاسيد النيتروجين والكبريت، نتيجة الانتخاب خلال برامج التربية **(Gould and Mansfield, 1989)**، كما كانت هناك إمكانية لإنتخاب تراكيب وراثية من النباتات الراقية أكثر تحملاً للأشعة النووية تحت ظروف منطقة تشيرنوبيل بروسيا **(Kilchevsky *et al.*, 1999)**.

كما قام **Howell** وآخرون **(1971)** بزراعة بادرات البرسيم الحجازى فى بيوت محمية فى جو من الأوزون وإنتخاب النباتات المقاومة لضرر الأوزون (على أساس ضرر المجموع الخضرى) وأكثرت كصنف جديد سمى Team، كان أكثر تحملاً للأوزون من العشائر الأخرى التى لم يمارس فيها الانتخاب

كما أمكن غربلة 229 سلالة وصنف من الأرز لتحمل أو حساسية عنصر الرصاص عن طريق معاملة البادرات عمر 3 أيام على مدى 12 يوم بمحلول الرصاص بتركيز 20 µM. وأمكن إنتخاب ثلاث أصناف متحملة للرصاص على أساس الوزن الجاف للجذور هى CH - 55 ، KH - 2J و Kumnung ، تميزت بزيادة وزن المجموع الجذرى بـ 10 أضعاف وتطور الجذور العرضية وإرتفاع محتوى الجذور من الاكسالات والتى تحجب تيسر عنصر الرصاص، مقارنة بالأصناف الحساسة Aixueru و C - 9491 و Milyang 23 (Yang Youngyell *et al.*, 2000).

ثانياً: التهجين Hybridization

لوحظ خلال عدة أجيال من التهجينات بين ثلاث تراكيب وراثية من الذرة السكرية متباينة فى مقاومتها لضرر الأوزون تحت الظروف الحقلية، ظهور درجة عالية من الإستجابة لضرر الأوزون الحاد على الأوراق (Cameron, 1975). وأسفر التهجين بين الأب القابل للإصابة × المقاوم إلى إستعادة القابلية للإصابة فى نباتات الجيل الأول. وإنعزلت عائلات الجيل الثانى كمياً مع وجود بعض الانعزالات فائقة الحدود، وإتجه التوزيع ناحية الضرر المنخفض. وأعطت التهجينات بين الآباء المقاومة، هجن كاملة المقاومة فى الجيلين الأول والثانى، وأدى الانتخاب على مدى ثلاث أجيال والتربية فى العشائر الانعزالية إلى ثبات مقاومة السلالات الناتجة.

وقد أوضح كلارك وآخرون (1997) أهمية التهجين الرجعى فى إنتاج سلالات من قمح الديورم منخفضة فى محتوى حبوبها من الكادميوم، وأمكن الحصول على سلالات فى الجيل التاسع F_9 أقل تلوثاً بالعنصر.

ثالثاً: الطفرات Mutations

يؤدى تعرض النباتات للملوثات إلى حدوث تغيرات فى الخلايا الجسمية وحالات من التضاعف غير المنتظم Aneuploidy. فقد زادت نسبة الانحرافات الكروموسومية من 2.5 - 6 مرات مع ظهور شظايا فردية وزوجية فى خلايا نباتات الذرة الشامية المعرضة للتلوث الناتج عن تصنيع سماد السوبر فوسفات مقارنة بنباتات المقارنة (Aleksanyan *et al.*, 1977).

وعند تحليل أنوية بادرات القمح المعرضة لظروف طبيعية وأخرى ملوثة، ظهرت نسبة عالية من حالات التضاعف غير المنتظم بلغت 2.1٪ فى الجو الملوث مقابل 0.3٪ فى نباتات المقارنة. ووجدت حالات بها نقص كروموسوم (2 ن = 41 كروموسوم) وأخرى بها زيادة كروموسوم (2 ن = 43 كروموسوم) مقارنة بالعدد الطبيعى من الكروموسومات فى أقماح الخبز (2 ن = 42 كروموسوم) (**Shelepina *et al.*, 1981**).

دور التقنية الحيوية في التربية لتحمل الملوثات البيئية

Role of biotechnology in breeding for environmental pollutants tolerance

أولاً: معلمات دنا DNA - markers

تلعب معلمات دنا دوراً هاماً فى تعيين جينات المقاومة فى المصادر الوراثية وكمساعدات للانتخاب ونقل الجينات وإنتاج أصناف جديدة أكثر تحملاً لملوثات فى وقت أقل من الطرق التقليدية. وفى هذا الصدد، فقد أفادت تقنية الـ RAPD فى تحديد اليل واحد يتحكم فى المحتوى العالى من الكادميوم فى حبوب أنسال بعض هجن قمح الديورم (**Penner *et al.*, 1995**). وفى تعيين اليل يتحكم فى المحتوى المنخفض من الكادميوم فى 4 عائلاً لهجين قمح الديورم Fanfarron/ DT369 فى حين غاب فى عائلة عالية المحتوى من الكادميوم. كما ساعدت فى تعيين اليل يتحكم فى المحتوى المنخفض من الكادميوم فى 5 عائلات للهجين Tschernovska / DT 369 (**Clarke *et al.*, 1997**). وفى تعيين 4 أربعة مواقع وراثية للصفة الكمية على المجاميع الارتباطية C2 و I و G مسئولة عن مقاومة فول الصويا لسمية عنصر المنجنيز (**Kassem *et al.*, 2004**). كما ساعدت تقنية PCR فى إثبات نجاح إنتاج نباتات دخان معدلة وراثياً بجينات *mer A, mer B* لمعالجة التلوث بعنصر الزئبق (**Ruiz *et al.*, 2003**).

ثانياً: التطويع الوراثي ونقل الجين Gene manipulation

لما كان التلوث البيئى يؤدى إلى إنتاج جيل من الأصول (الشقوق) الحرة النشطة (ROS) مثل شق الهيدروكسيل OH الأكثر سمية للنبات، فكان الاتجاه الأول للتعامل

مع شقوق الهيدروكسيل هو خفض مستويات الحديد الحر والتخلص منه عن طريق Multimeric proteins. والاتجاه الثانى بزيادة مستويات الجلايسين بيتاين والذى يساعد فى التخلص من الشقوق الحرة. وبناءً على ذلك كان الهدف هو إنتاج نباتات دخان معدلة وراثياً بچينات *cod A* و *Ferritin* لمقاومة عوامل إجهاد الأكسدة Oxidative stress. وقد ساعدت تقنية الـ PCR فى إنتخاب ونقل هذه الچينات وإنتاج نباتات دخان تحمل الچينين (*Ferritin + cod A*)، تميزت بالتحمل العالى مقارنة بالطرز البرية أو النباتات الحاملة لچين واحد (**Poornima *et al.*, 2003**).

وقد أفادت التقنية الحيوية فى إنتاج نباتات دخان معدلة وراثياً متحملة للتلوث بالعناصر الثقيلة؛ الكادميوم والنحاس والسيلنيوم والنيكل مقارنة بالطرز البرية من خلال زيادة تخليق السستئين Cysteine وكان الجيل الأول الهجين أعلى مقاومة من باقى السلالات المعدلة الأخرى، وتميزت نباتاته بالقدرة على تجميع الكادميوم فى المجموع الخضرى، فى إشارة إلى إمكانية تنظيف البيئة بالمعالجة الحيوية (**Kawashima *et al.*, 2004**). وفى هذا السياق أمكن إنتاج نباتات دخان معدلة وراثياً بچين تخليق السستئين *RCSL* من الأرز تضاعف فيها نشاط تخليق السستئين 3 مرات، كما تميزت ليس فقط بارتفاع مستوى إنتاج مركبات هدم سمية الكادميوم المحتوية على الكبريت مثل مركب Phytochelatins، ولكن أيضاً فى نشاط إستبعاد سمية الكادميوم من خلايا النبات. وأظهر التحليل الوراثى، وجود إنعزالات متحملة للكادميوم (**Harada *et al.*, 2001**)، وكانت نباتات الجيل الأول المعدلة وراثياً بچين تخليق السستئين أكثر مقاومة لسمية ثانى أكسيد الكبريت والسلفيت والأوزون، حيث زادت فيها معنوياً مستويات السستئين والجلوتاثيون (**Noji *et al.*, 2001**).

وفى هذا المجال تمكن **Ruiz** وآخرون (**2003**) من هندسة أصناف من الدخان من خلال التطويع الوراثى للكلوروبلاست بچينات *mer A, mer B* والتى تشفر لاختزال الزئبق، ومن ثم زيادة قدرة نباتات الدخان المعدلة وراثياً على تنقية التربة الملوثة بالعنصر، وقد أمكن إثبات هذا التعديل بتقنية الـ PCR. ومن هذا المنطلق، فإن إستخدام التحول

الوراثى للكلوروبلاست لتحسين المعالجة الحيوية للزئبق تبدو مفيدة، حيث تمنع هذه التقنية هروب الچينات المعدلة عن طريق حبوب اللقاح إلى الحشائش أو أقارب المحصول كما يمكن تطبيقها لتنقية البيئة من العناصر الملوثة الأخرى.

كما أشارت الدراسات المتقدمة التى قام بها **Agrawal وآخرون (2002)** إلى حدوث حث لعملية نسخ وتنظيم تعبير چين *OSMSRMK2* فى الأرز والذى يشفر لتخليق 380 حمض أمينى من سلسلة عديد الببتيد الطويلة بمختلف إجهادات البيئة الحيوية وغير الحيوية، موضحاً أهمية دور هذا الچين فى مسارات التخليق الحيوى والحماية من المؤثرات والملوثات البيئية كالأوزون والأشعة فوق البنفسجية وثانى أكسيد الكبريت والحرارة.

وفى هذا السياق تمكن **Heaton ومعاونوه (2003)** من توظيف تنقية قذف الچين mer A، من إنتاج نباتات أرز معدلة وراثياً تميزت بقدرتها على إستخلاص الزئبق H (II) من التربة وتحويله إلى صورة متطايرة Hg (0) أو بالقدرة على التحويل المباشر لميثيل الزئبق methylmercury إلى الصورة غير الفعالة Hg (0) وتنظيف البيئة حيوياً.

علاوة على ذلك فقد أفادت التقنية الحيوية فى إنتاج نباتات من الخردل معدلة وراثياً قادرة على التخلص من سمية عنصر السيلنيوم، إحتوت على 2.5 مرة زيادة من العنصر مقارنة بالطراز البرى **(Hysen *et al.*, 2004)**.

الباب السابع

تقييم التراكيب الوراثية لتحمل الملوثات البيئية

الباب السابع

تقييم التراكيب الوراثية لتحمل الملوثات البيئية

Evaluation of genotypes to environmental pollutants tolerance

تعتمد عملية غربلة التراكيب الوراثية لمقاومة أو تحمل الملوثات البيئية على ضرورة تقييم النباتات لمصادر وأشكال التلوث المطلوب دراستها. ويجب الأخذ فى الاعتبار فى برامج التربية التنوع الوراثى الموجود بين نباتات المحاصيل والظروف البيئية السائدة وفترة التعريض والصفات المورفوفسيولوچية والكيموحيوية ومراحل نمو النبات. ويمكن تقييم التراكيب الوراثية فى غرف النمو أو البيوت المحمية حيث ينبغى أن تكون جرعة الملوث مشابهة لأقصى كمية مقاسة فى المساحة التى سوف يزرع فيها الصنف المحصولى الى جانب ذلك يعتبر التقييم تحت الظروف الحقلية فى المناطق التى ينتشر فيها طبيعياً عوامل التلوث من الوسائل المفيدة فى عملية التقييم.

أولاً: طرق تقييم تحمل التراكيب الوراثية لملوثات الهواء:

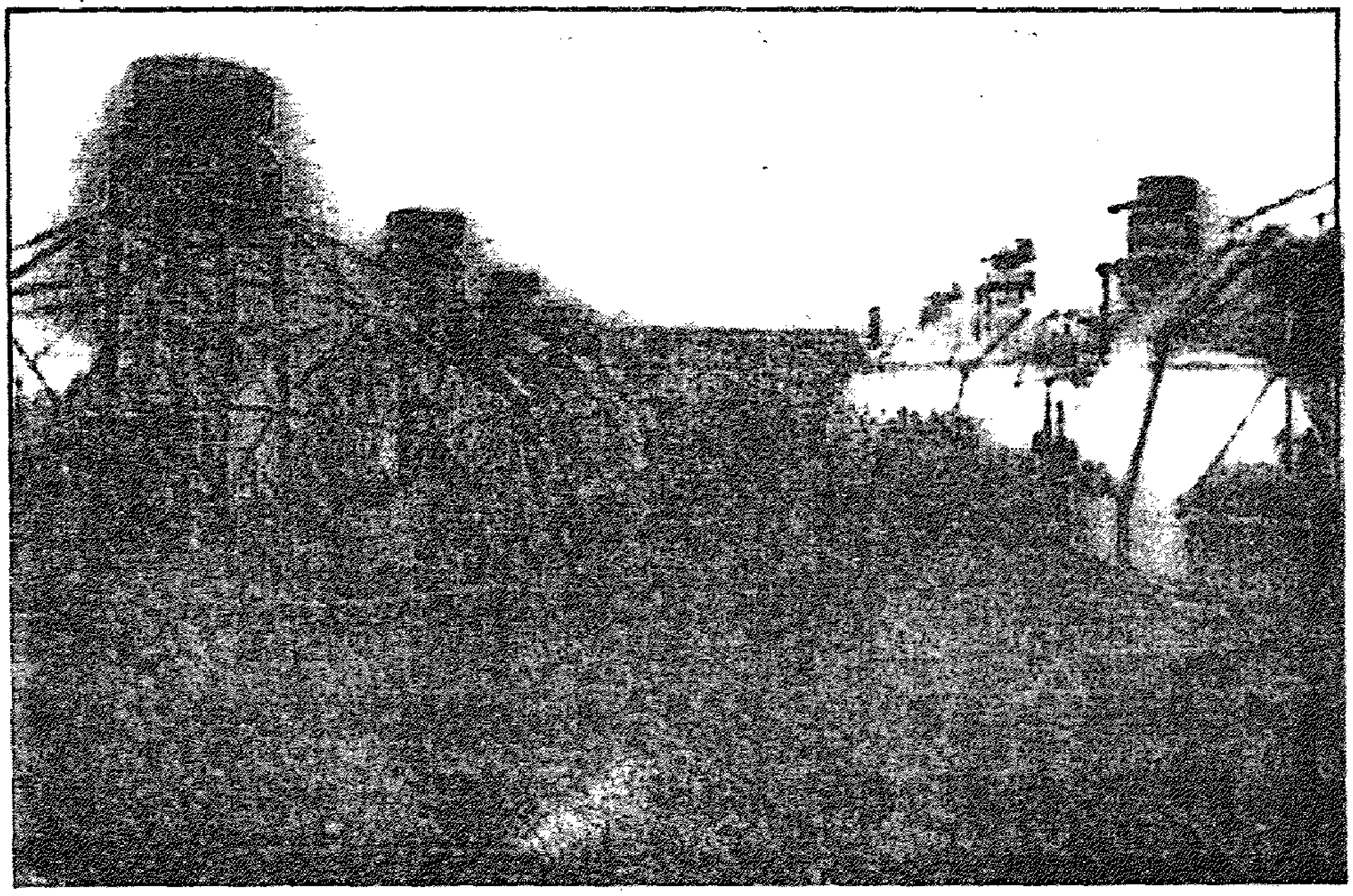
التقييم في غرف النمو:

Evaluation under growth chamber conditions

تستخدم غرف النمو فى إختبارات غربلة وتقييم چيرمبلازم المحاصيل المختلفة لتحمل الملوثات البيئية تحت ظروف محكمة، من خلال التعريض لتركيزات معينة من الغاز لعدة ساعات ثم تقدر النسبة المئوية من سطح الورقة المصاب. وبناءً على ذلك يمكن تقسيم التراكيب الوراثية إلى مقاوم أو حساس. وقد أفادت فى تقييم چيرمبلازم أنواع البراسيم والبقوليات والحبوب للملوثات المختلفة (شكل 3 - 7).

وقد أفادت غرف النمو مفتوحة القمة فى دراسة تأثير الأوزون على مجموعة من أصناف القمح المتباينة فى حساسيتها للغاز، عن طريق المعاملة «بهواء غير مرشح +

الأوزون بتركيز 90 $nmol\ O_3\ mol^{-1}$ مقارنة بمعاملـة الكنتـرول (هواء مرشح بالفحم 27 $nmol\ O_3\ mol^{-1}$) خلال الفترة من مرحلة البادرة حتى النمو الثمرى. حيث أدى التعرض للأوزون لمدة 56 يوم إلى زيادة نشاط أنزيم RNase بمقدار 2.1 مرة فى أنسجة ورقة العلم فى الصنف الحساس وضرر بالأوراق وإنخفاض محتوى البروتين الذائب مقارنة بالكنترول **(Booker, 2004)**.



شكل (3 - 7): غرف التدخين المستخدمة في تقييم جيرمبلازم المحاصيل لتحمل الأوزون وغيره من الملوثات البيئية في جامعة Lancaster بانجلترا

كما إستخدمت غرف النمو المفتوحة فى دراسة تأثير تعريض صنف قمح الخبز Wilgoyne لثلاث مستويات من ثانى أكسيد الكبريت هى < 10، 231 و 441 nl/L لمدة 4 ساعات فى اليوم على مدى 51 يوم، حيث صاحب زيادة تركيز ثانى أكسيد الكبريت إلى 441 nl/L حدوث زيادة ملحوظة فى نشاط أنزيم Nitrate reductase فى الأوراق الصغيرة، ثم إنخفض بعد ذلك فى الأوراق المسنة. كما زاد محتوى الأحماض الأمينية الكلية والبروتين الذائب فى الأوراق المسنة **(Huang *et al.*, 1993)**.

وفى بنجر السكر، أمكن تقييم نباتاته فى مرحلة 2 - 3 ورقات فى غرف النمو المغلقة تحت مستوى من الأوزون (nl/L100) لمدة 7 ساعات فى اليوم على مدى يومين، حيث أدى التعرض إلى زيادة نشاط أنزيم الجلوتاثيون المختزل و - Glutathione - S transferase ‏(**Dixon *et al.*, 1996**).

ثانياً: التقييم في البيوت المحمية Evaluation under Greenhouse conditions

يمكن غربلة المواد الوراثية تحت ظروف محكمة بزراعتها فى صوب زجاجية محكمة ومقارنة متوسط الأداء فى ظروف الإجهاد وظروف هواء نظيف نسبياً. ويتيح هذا النظام دراسة تحمل ملوثات الهواء بين أصناف النوع على أساس إستجابة المحصول.

ففى الذرة السكرية، أمكن تقييم أربعة أصناف لتحمل الأوزون بالتعريض لهواء نقى مرشح بالكربون وهواء غير مرشح. حيث أشارت الدراسة إلى تفوق الصنف "Silver Queen" فى المحصول على الثلاثة أصناف الأخرى. كما كان هو الصنف الوحيد الذى تفوق محصوله معنوياً تحت ظروف معاملة الهواء المرشح بالكربون.

كما أفادت هذه الطريقة فى تقييم تحمل نباتات القطن للأوزون بالتعريض لجرعة قدرها 0.25 جزء فى المليون لمدة 6 ساعات فى اليوم، ولمدة أسبوعين ولمدة 19 أسبوع مقارنةً بالكنترول «هواء نقى مرشح بالكربون». وقد أوضحت النتائج أن التعرض لإجهاد الأوزون الشديد قد أدى إلى نقص معنوى فى الوزن الجاف للجذور واللوز وإنخفاض عدد ومساحة الأوراق (عن: **Reinert *et al.*, 1982**).

كما ساعدت غرف البيوت المحمية المصنوعة من البلاستيك Plastic greenhous chambers فى دراسة تأثير تركيزات 0.03 أو 0.09 جزء فى المليون من الأوزون لمدة 8 ساعات فى اليوم على مدى 6 أسابيع على البرسيم وحشيشة الراى. حيث وجدت إختلافات معنوية فى الوزن الجاف ومساحة الأوراق ونسبة وزن المجموع الجذرى إلى المجموع الخضرى فى النوعين (**Bennett and Runeckles, 1977**).

ثالثاً: التقييم تحت الظروف الحقلية Evaluation under field conditions

تتوقف فعالية التقييم والانتخاب الطبيعى لتحمل ملوثات الهواء على وجود مساحات منزرعة تتعرض بصورة طبيعية لانتشار الملوثات، أو تكون قريبة من مصادر التلوث، الأمر

الذى يمثل إجهاد طبيعى على نمو النباتات المنزرعة فى هذه المنطقة بما يسمح بتقييم مواد التربية. ففى أمريكا فى Beltsville تطورت عديد من أصناف المحاصيل الحقلية والمراعى المقاومة للأوزون حيث تم إنتخاب ثلاث سلالات من البرسيم الحجازى كانت أكثر تحملاً للأوزون من الأصناف الأخرى المنتشرة (EPA, 1974).

وفى بريطانيا، أدى تعرض حشيشة الراى Ryegrass لعدة سنوات فى المساحات المعرضة للتلوث بثانى أكسيد الكبريت إلى تطور المقاومة فى الصنف المنتخب Helmshoro والذى تفوق محصوله معنوياً على الصنف المنتشر "S23" (Bell and Mudd, 1976).

أما فى الدخان، فقد أمكن بالانتخاب على مدى 20 عام تحت ضغط الانتخاب المستمر لتحمل المواد المؤكسدة تحت الظروف الحقلية، عزل سلالات خالية من إصابات المجموع الخضرى، أعطت محصول بذرة أعلى من الأصناف القابلة للإصابة فى تجارب المقارنة (عن: Rienert *et al.*, 1982).

كما كانت منطقة چوميل بتشيرنوبيل عقب تسرب الأشعاع النووى مسرحاً لدراسة التباينات الوراثية فى عديد من النباتات الراقية لتحمل التلوث. وأمكن إنتخاب سلالات من بعض المحاصيل الحقلية أقل تأثراً بالتلوث النووى (Kilchevsky *et al.*, 1999).

مقاييس تحمل ملوثات الهواء Air pollutants tolerance measurements

يمكن تقدير بعض الصفات الفسيولوچية والكيموحيوية المرتبطة بمقاومة ضرر الملوثات:

أ - المؤشرات الفسيولوچية Physiological assessments

1- ثبات محتوى الكلوروفيل.

2- إستشعاع الكلوروفيل.

3- إتساع فتحة الثغر.

4- معدل التمثيل الضوئى.

ب- المؤشرات الكيموحيوية Biochemical assessments

1- قياس التسرب الالكتروليتى Electrolyte leakage

يتم قياس التسرب الالكتروليتي بأخذ عينة من أقراص أوراق النباتات بعد 24 و 48 ساعة من نهاية المعاملة بالأوزون بواسطة جهاز Conductivity bridge (YSI model 32; Yellow Sping Instruments) ، حيث تكون الأصناف الأقل تسريباً أكثر ثباتاً للأغشية وأكثر مقاومة لضرر الملوثات من الأصناف الحساسة (**Madkour *et al.*, 1998**).

2 - قياس مستوي نشاط أنزيم السوبر أوكسيد ديسميوتيز SOD وأنزيم الجلوتاثيون المختزل GR والبيروكسيديز وغيرها من الإنزيمات المرتبطة بتحمل ملوثات الهواء.

ثانياً: التقدير بمجرد النظر Visual

يمكن تقدير مدى مقاومة التراكيب الوراثيه لضرر ملوثات الهواء مثل الأوزون أو أكاسيد الكبريت أو أكاسيد النيتروجين على مقياس من 1 - 6 حيث:

1: لا يوجد ضرر.

6: ضرر شديد.

(عن: **Reinert *et al.*, 1982**).

هذا وقد أمكن تقدير دليل شدة الضرر Injury severity index نتيجة التعرض للأوزون على أصناف الفاصوليا على مقياس من صفر إلى 5 على النحو التالى

صفر = لا توجد أعراض.

طراز 1 = أعراض خفيفة جداً (إصفرار بسيط يغطى 1 - 14٪ من سطح الورقة).

طراز 2 = أعراض خفيفة (ظهور إصفرار مع وجود نقط برونزية وبقع تغطى 15 - 24٪ من سطح الورقة).

طراز 3 = أعراض متوسطة (نقط برونزية و / أو بقع تغطى 25 - 49٪ من سطح الورقة).

طراز 4 = أعراض شديدة (نقط برونزية تغطى 50 - 74٪ من سطح الورقة).

طراز 5 = أعراض شديدة جداً (نقط برونزية تغطى 75 - 100٪ من سطح الورقة) (عن: **Madkour, 1998**).

ثانياً: طرق تقييم تحمل التراكيب الوراثية للتلوث بالعناصر الثقيلة:

يمكن تقييم چيرمبلازم المحاصيل لتحمل التلوث بالعناصر الثقيلة باستخدام المزارع المائية أو الأصص أو البيوت المحمية، مع ضبط تركيز العنصر فى المعاملات تحت التجريب، وفى أحيان معينة قد يجرى التقييم تحت الظروف الحقلية. ويجرى التفريق بين التراكيب الوراثية على أساس التغيرات الحادثة فى المؤشرات المورفوفسيولوچية والكيموحيوية والمحصولية.

أولاً: التقييم في المزارع المائية Evaluation under hydroponic cultures

أفادت المزارع المائية فى تقييم تحمل عشرة أصناف من الكانولا للتلوث بعنصر الكادميوم بتجريب مستويات (صفر – 2 mM) من كلوريد الكادميوم لمدة 72 ساعة. وتم أخذ عينات من الأوراق بعد 24 و 48 و 72 ساعة من المعاملة. وقد أظهرت النتائج حدوث إنخفاض فى نشاط إنزيم الكتاليز ومحتوى حمض الاسكوربيك وتراكم المادة الجافة وإرتفاع النبات وإنفرد الصنف Pusas Jai Kisan بأعلى مستوى من المادة الجافة ومحتوى الجلوتاثيون فيما بين الأصناف المدروسة (**Qadir *et al.*, 2004**).

كما أستخدمت المزارع المائية فى تقييم سلالات من قمح الخبز تحت تركيزات 0.05، 0.1، 0.3، 0.5 و 1 mmol/ L من أسيتات الكادميوم. حيث صاحب إجهاد الكادميوم إنخفاض نشاط أنزيم Ascorbate peroxidase والجلوتاثيون والجلوتاثيون المختزل وحمض الاسكوربيك نتيجة هدم ليبيد الأوراق بفعل الأكسدة (**Luo *et al.*, 1998**).

ثانياً: التقييم باستخدام الأصص تحت ظروف البيوت المحمية:

Evaluation in pots under greenhous conditions

تفيد تجارب الأصص فى عمليات التقييم ودراسة الاستجابة لسمية العناصر الثقيلة. فقد أمكن دراسة مدى تحمل صنفا الأرز T 90 و BAM 6 لتركيزات 5، 10، 20، 50، 75، 100٪ من الزئبق. حيث أدت الجرعات العالية من التلوث بالزئبق إلى نقص معنوى فى المكونات الجزيئية الحيوية مثل الكربوهيدرات والبروتينات والأحماض النووية بأوراق

بادرات الأرز وأظهر الصنف T 90 حساسية عالية للتلوث مقارنة بالصنف BAM 6 (Das and Padhy, 2003)

كما أفادت تجارب التقييم تحت ظروف الصوب الزجاجية Glass house فى دراسة تأثير عنصر الكروم Chromium على معدلات النمو وتمثيل الجلوتاثيون والمحصول فى أصناف عباد الشمس عند إضافته إلى التربة بمعدل 100 و 250 ملجم/ كجم تربة فى صورة ($K_2 Cr_2 O_7$). حيث أدى زيادة تركيز العنصر إلى نقص معدل نمو الجذور مقارنة بالسيقان نتيجة تراكمه فى الجذور وسميته للنبات. كما زاد تخليق مركب Phytochelatin SH ونشاط أنزيم SOD عند التركيزات العالية من العنصر (Shanker *et al.*, 2003).

ثالثاً: التقييم تحت الظروف الحقلية Evaluation under field conditions

يقوم الباحث أحياناً بتقييم المواد الوراثية فى المساحات القريبة من مصادر التلوث بالفلزات الثقيلة، الأمر الذى يمثل إجهاد طبيعى يسمح بغربلة جيرمبلازم المحصول. ومن أمثلة ذلك الزراعة فى المساحات القريبة من المصانع والمسابك وعوادم السيارات، وكذلك الرى بمياه الصرف ذات التركيز المرتفع من هذه الملوثات. وفى هذه الحالة، يجب تجنب إستخدام المنتج فى أغراض التغذية. وقد أفاد ذلك فى دراسة الاختلافات الصنفية والسلوك الوراثى لتحمل الملوثات من العناصر الثقيلة فى عديد من النباتات الراقية.

مقاييس تحمل التلوث بالعناصر الثقيلة :

Heavy metal pollution tolerance measurements

أولاً: تقدير بعض المؤشرات المورفوفسيولوجية والكيموحيوية :

Morpho-physiological and biochemical assessments

أ – مؤشرات النمو: مثل (إرتفاع النبات، طول الجذر – الوزن الكلى – نسبة الجذور: السوق – مساحة الأوراق – نسبة مساحة الأوراق – طول فترة حياة الورقة – نسبة وزن الأوراق – المساحة النوعية للورقة – الوزن النوعى للورقة – معدل النمو النسبى – معدل نمو المحصول – صافى معدل التمثيل – وغيرها).

ب- الخصائص الفسيولوچية: مثل محتوى الكلوروفيل والكارتينويدات وإستشعاع الكلوروفيل - خصائص الجهاز الثغرى.

جـ- التقديرات الكيموحيوية: مثل نشاط أنزيم البيروكسيديز والجلوتاثيون المختزل والكتاليز ومحتوى البروتين والبرولين والأحماض الدهنية والكربوهيدرات والاسكوربيك و الـ Metallothionine و Phytochelatins وغيرها، والتى تعتبر من المؤشرات الحيوية المبكرة Early biomarkers والأدوات التشخيصية Diagnostic tools فى النبات للتقدير الحيوى والكشف عن التلوث بالفلزات الثقيلة.

ثانياً: التقدير بمجرد النظر Visual

يجرى تقييم التراكيب الوراثية لتحمل سمية العناصر الثقيلة على أساس إصفرار الأوراق Leaf chlorosis أو نخر الجذور Root necrosis على مقياس من 1 - 5 بعد 7 - 28 يوم من المعاملة بالعنصر حسب طبيعة المحصول وظروف التقييم (**Kassem *et al.*, 2004**).

المراجـــع

المراجـــع

أولاً: المراجع العربيـــة:

- حسانين، عبد الحميد محمد (1993). فسيولوجيا المحاصيل، كلية الزراعة جامعة الأزهر، 354 صفحة.

- حسن، أحمد عبد المنعم (2005). طرق تربية النبات، الدار العربية للنشر والتوزيع، 393 صفحة.

- عبد البارى، السيد عبد النور (2000). تلوث البيئة... الأرض والمياه. دار النشر للجامعات – القاهرة – مصر، 176 صفحة.

- عبد الصبور، ممدوح فتحى (1998). أثر التلوث على النبات والحيوان والإنسان، مجلة أسيوط للدراسات البيئية – العدد الرابع عشر 29 - 57.

- عبد العظيم، محمد نجيب (1997). الرى، الأساليب والتطبيق فى إستصلاح الأراضى، مطابع جامعة الإسكندرية، 421 صفحة.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

- [illegible]d Al[illegible]h, A. (2004). Genetic studies on leaf rolling and some root traits under drought condition in rice (*Oryza sativa* L.). Abstr.: The International Conference On Advanced Rice Research 21 - 23 September 2004, Alexandria, Egypt, Abstract p. 24.

- Abd El-Gawad, A. A.; M. A. Abd El-Gawad; A. S. Edris and A. M. Abo-Sheteia (1985). Potential productivity of wheat in Egypt. VI. Root system study in relation to nitrogen and dry matter in plant organs. Annals Agric. Sci, Fac. Agric., Ain Shams Univ., Cairo, Egypt, 30 (2): 893 - 909.

- Abdel-Gawad, A. A.; N. A. Nureldin; M. A. Ashoub and M. A. Khashabah (1993). Studies on consumptive use and irrigation scheduling in relation to nitrogen fertilization on wheat: III. Water relations in wheat plant in Egypt. Annals Agric. Sci. Fac. Agric., Ain Shams Univ., Cairo, Egypt 38 (1): 181 - 192.

- Abd El-Gawad, A. A.; A. H. Khalil; M. A. Abd El-Gawad and M. Sh. Abd El-Maaboud (1998a). Evaluation of certain wheat varieties under rain fed conditions. 1 - Yield, yield attributes and some grain properties of certain wheat varieties under rain fed and supplementary irrigation conditions. Proc. 8th Agron., Suez Canal Univ., Ismailia, Egypt, 28 - 29 Nov. p. 28 - 42.

- Abd El-Gawad, A. A.; A. H. Khalil; M. A. Abd El-Gawad and M. Sh. Abd El-Maaboud (1998b). Evaluation of certain wheat varieties under rain fed conditions. III - drought tolerance criteria of certain wheat varieties under rain fed conditions. Proc. 8th Agron., Suez Canal Univ., Ismailia, Egypt, 28 - 29 Nov. p. 48 - 55.

- Abdel-Halim, A. Z; A. M. Rammah; M. A. El-Nahrawy and G. S. Mikhiel (1998). Evaluation of alfalfa cultivars in sandy and calcareous soils. Egypt. J. Plant Breed. 2 : 35 - 42.

- Abd El-Maaboud, M. Sh. And A. A. El-Sebsy (2004). The use of water use efficiency for the selection of some barley genotypes under rainfed conditions. Egypt. J. Appl. Sci. 19 (2): 334 - 344.

- Abd El-Moneim, A. M. (1993). Variability and heritability of some durum wheat traits under low rain - fed conditions in North Sinai. Zagazig J. Agric Res. 20 (6): 1727 - 1737.

- Abd El-Moneim, A. M. (1998). Phenotypic stability of some promising bread wheat genotypes under low rain - fed conditions. Zagazig J. Agric. Res. 25 (1): 1 - 16.

- Abd El-Moneim, A. M. and S. El. M. M. Ammar (1998). Evaluation of some barley genotypes under rain - fed condition in North Sinai. Proc. 8th Conf. Agron., Suez Canal Univ., Ismailaia, Egypt, 28 - 29 Nov. p. 122 - 139.

- Abd El-Rahman, H. A. (2003). Breeding studies on peanut (*Arachis hypogaea* L.). M. Sc. Thesis Agron. Dept, Fac. of Agric., Zagazig Univ., Egypt.

- Abdel-Sattar, A. A. and M. F. Ahmed (2004). Diallel cross analysis for some quantitative traits in yellow maize under stress and normal irrigation treatments I. Biochemical genetic markers for heterosis and combining ability. Egypt J. Plant Breed. 8 : 173 - 188.

- Abdel-Shafi, A. M.; A. M. Abdel-Ghani; M. B. Tawfelis; M. G. Mossaad and M. Kh. Moshref (1999). Screening of wheat germplasm for heat tolerance in Upper Egypt. Proceed. First Pl. Breed. Conf. Decembar 4, (Giza). Egypt. J. Plant Breed. 3 : 77 - 87.

- **Abdel-Tawab, F. M.; E. M. Fahmy; M. A. Rashed and M. H. Abou Deif (1989). Protein and isozyme polymorphism as related to heterosis and combining ability in** maize. Egypt. J. Genet. Cytol. 18: 203 - 217.

- Abo-Elwafa, A. and B. R. Bakheit (1999). Performance, correlation and path coefficient analysis in faba bean. Assiut J. of Agric. Sci. 30 : 77 - 91.

- Abo-Elwafa, A.; A. S. Taghian; H. M. El - Aref; E. El-Sayed and M. A. Abd-Elkrim (2003). Response to pedigree selection for seed yield and molecular genetic markers for new selected lines of lentil. Assiut J. of Agric. Sci. 34 (2): 1 - 23.

- Abou El-Fotouh, N. Z.; Y. E. Atta and W. M. Shaalan (2002). Effect of amount of irrigation water calculated from class A pan on growth and yield of wheat and some related water relations. Zagazig J. Agric. Res. 29 (5): 1411 - 1427.

- Adjei, G B. and M. B. Kirkham (1978). Water ratios of drought sensitive and resistant wheat cultivars. pp. 68 - 9. In: Agron. Abstr., Am. Soc. Agron; Madison, USA.

- Adrinano, D. C. (1986). Trace Elements in the Terrestrial Environment, Springer - Verlag, New York 533.

- Afiah, S. A. N. and I. H. I. Darwish (2003). Response of selected F_5 bread wheat lines under abiotic stress conditions. Proceed. Third Pl. Breed. Conf. April 26 (2003), (Giza). Egypt. J. Plant Breed. 7 (1) : 181 - 193. Special Issue.

- **Agarwal, S.; R. K. Sairam; G. C. Srivastava and R. C. Meena (2003). Regulation of antioxidant activity in plants. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India, P. 424.**

- **Agboma, P. C.; M. GK. Jones; P. Peltonen - Sainio; H. Rita and E. Pehu (1997). Exogenous glycinebetaine enhances grain yield of maize, sorghum and wheat grown under two supplementary watering regimes. J. Agronomy & Crop Sci. 178: 29 - 37.**

- **Agrama, H. A. S. and M. E. Moussa (1996). Mapping QTLs in breeding for drought tolerance in maize (*Zea mays* L.). Euphytica 9 (1): 89 - 97.**

- Agrawal, G. K.; R. Randeep; H. Iwahashi and R. Rakwal (2002). Isolation of novel rice (*Oryza sative* L.) multiple stress responsive MAP Kinase gene *OSMSRMK$_2$*, whose mRNA accumulates rapidly in response to environmental cues. Biochemical and Biophysical Research Communications 294 (5): 1009 - 1016.

- Agrawal, S. B.; A. Singh and D. Rathore (2003). Impact of air pollution on wheat grown in periurban area of Allahabad city. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India, P. 443.

- Ahmad M.; J. A.; Jarillo; L. J. Klimczak; L. G. Landry; T. Peng; R. L. Last and A. R. Cashmore (1997). An enzyme similar to animal type II photolyase mediates photoreactivation in *Arabidopsis*. Plant Cell 9 : 199 - 207.

- Ahmed, I. A.; A. A. El-Sayed; R. A. Abo - El-Enein.; A. S. El-Gamal; M. M. Noaman and....... (2003). Giza 2000, A new Egyp..an barley variety for newly reclaimed lands and rainfed areas. Zagazig J. Agric. Res. 30 (6): 2095 - 2112.

- Aioub, A. A. A. (1994). Effect of herbicides and environmental polluting heavy metals on corn (*Zea mays* L.) plants. Ph. D. Thesis, Hungarian Academy of Science, Budapest, Hungary.

- Aleksanyan, A. K.; P. K. Soldatov and Z. Ismailov (1977). Mutation frequency in *stomatic* cells of some plants as affected by environmental pollutants. *Tr. Samarkard. un - ta* No. 336 : 46 - 55.

- Al-Hakimi, A. and A. A. Jaradat (1998). Pri..itive tetraploid wheat species to improve drought tolerance in durum wheat. Triticeae III. Proceedings of the Third International Triticeae Symposium. Aleppo, Syria, 4 - 8 May 1997. 1998, 305 - 312.

- Al-Häkimi, A.; P. Monneveux and E. Deleens (1996). Selection response for carbon isotope discrimination in a *Triticum polonicum* x *T. durum* crosses: Potential interest for improvement of water efficiency in durum wheat. Plant Breed. 115 : 317 - 324.

- Ali, A. and N. Gupta (2003). Bioremediation - A tool in the abatement of mercury

pollution from contaminated sites. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 619.

- Ali, N. and J. C. Wynne (1995). Heritability estimates and correlation studies of early maturity and other agronomic traits in two crosses of peanut (*Arachis hypogaea* L.). Pakistan J. of Botany 26 (1): 75 - 82.

- Ali, A. M. M.; M. A. El - Hinnawy; H. K. El - Kholy and A. Hogran (1992). Genetically engineered sodium chloride and *Puccinia recondita* tolerant wheat cells and plants. Egypt. J. Appl. Sci. 7 (8): 675 - 690.

- Al-Khatib, K and G. M. Paulsen (1990). Photosynthesis and productivity during high temperature stress of wheat genotypes from major world regions. Crop Sci. 30: 1127 - 1132.

- Al-Khatib, K. and G. M. Paulsen, (1999). High-temperature effects on photosynthetic processes in temperate and tropical cereals. Crop Sci. 39: 119 - 125.

- Allan, R. E. and O. A. Vogel (1964). F_2 monosomic analysis of coleoptile and first-leaf development in two series of crosses. Crop Sci. 4 : 338 - 339.

- Al-Naggar, A. M.; M. S. Radwan and M. M. M. Atta (2002 a). analysis of diallel crosses among ten maize populations differing in drought tolerance. Egypt. J. Plant Breed. 6 (1): 179 - 198.

- Al-Naggar, A. M.; O. O. El - Nagouly and Z. S. H. Abo-Zaid (2002 b). Genotypic differences in leaf free amino acids as osmoprotectants against drought stress in grain sorghum. Egypt J. Plant Breed. 6 (1): 85 - 98.

- Al-Naggar, A. M.; O. O. El-Nagouly and Z. S. H. Abo-Zaid (2002 c). Genetic behaviour of the compatible osmolytes free amino acids that contribute to drought tolerance in grain sorghum. Egypt J. Plant Breed. 6 (1): 99 - 109.

- Al-Naggar, A. M.; O. O. El - Nagouly and Z. S. H. Abo-Zaid (2002 d): Inheritance of some physiological traits important for drought tolerance of grain sorghum. Egypt. J. Plant Breed. 6 (1): 199 - 220.

- Al-Naggar, A. M. M.; R. Shabana; S. E. Sadek; S. A. M. Shaboon (2004 a). S_1 recurrent selection for drought tolerance in maize. Egypt. J. Plant Breed. 8 : 201 - 225.

- Al-Naggar, A. M. M.; S. S. Youssef; A. E. I. Ragab and M. R. Al-Bakry (2004 b). RAPD assessment of new drought tolerant varieties derived via irradiation and hybridization of some Egyptian wheat cultivars. Egypt. J. Plant Breed. 8 : 255 - 271.

- Al-Naggar, A. M. M.; S. S. Youssef; A. E. I. Ragab and M. R. Al-Bakry (2004 c). Regeneration from Egyptian wheat calli subjected to PEG - induced stress conditions. Egypt. J. Plant Breed. 8 : 273 - 286.

- Al-Naggar, A. M.; M. A. El - Lakany; O. O. El-Nagouly; E. O. Abu - Steit and M. H. El-Bakry (1999). Studies on breeding for drought tolerance at pre - and - post flowering stages in grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Proceed. First Plant Breed. Conf. December 4, (Giza). Egypt. J. Plant Breed. 3 : 183 - 212.

- Ammar, S. El. M. M. (2003). Estimates of genetic variance for yield and its components in wheat under normal and drought conditions. Egypt. J. Plant Breed. 7 (2): 93 - 110.

- Amundson, R. G. and L. H. Weinstein (1981). Joint action of sulphur dioxide and nitrogen dioxide on foliar injury and stomatal behaviour in soybean. J. Environ. Quality 10: 204 - 06.

- Anaam, H. G.; G. R. El-Nagar and A. Y. Allam (2003). Response of two lentile cultivars to irrigation treatments and time phosphorus fertilization application. Assuit J. Agric. Sci. 34 (2): 25 - 41.

- Anbazhagan, M.; R. Krishnamurthy and K. A. Bhagwat (1988). Proline: an enigmatic indicator of air pollution tolerance in rice cultivars. J. Plant Physiol. 133 : 122 - 23.

- Anna Tukendorf and W. E. Rauser (1990). Changes in glutathione and phytochelatins in root of maize seedlings exposed to cadmiun. Plant Sci. 70 : 155 - 166.

- Anonymous (1984. Processing and Use of Sewage Sludge.Proceeding of the 3rd International Symposium. D. Reidel Publishing Company, p. 486.

- Anonymous (1999). The first Egyptian symposium on hulless ... ley ... Hulless barley Strategy Egyptian Crop for the next Centenary. Agron Dept. Fac ... Agric Menofya Univ. June 1999.

- Anonymous (2005). Recommendation techniques in field crops. ARC. Giza, Egypt.

- Anonymous (2006). Recommendation techniques in field crops. ARC, Giza, Egypt.

- Apparao, K. V.; D. Suhita and A. S. Raghavendra (2003). Role of calcium and other secondary messengers during stomatal closure caused by bicabonate and abscisic acid in the abaxial epidermis of *Commelina benghalensis*. Abstr.: 2nd International Congress of Plant Physiology, Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 425.

- Araus, J. L.; T. Amaro; J. Voltas; H. Nakkoul and M. M. Nachit (1998). Chlorophyll fluorescence as a selection criterion for grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. Field Crops Research 55 : 209 - 223

- Armenta - Soto, J. L.; T. T. Chang; G. C. Loresto and J. C. O'Toole. (1983). Genetic analysis of root characters in rice. SABRAO J. 15 . 103 - 116

- Arnau, G. and P. Monneveux (1995). Physiology and genetics of terminal water stress tolerance in barley. Journal of Genetics and Breeding 49 (4): 327 - 331

- Ashraf, M. and M. M. Ahmad (1998). Relationship between water retention capability and osmotic adjustment in sorghum (*Sorghum bicolor*) grown under drought stress. Arid Soil Research and Rehabilitation. 12 (3): 255 - 262.

- Assad, M. T. and G. M. Paulsen (2002). Genetic changes in resistance to environmental stresses by U. S. great plains wheat cultivars. Euphytica 128: 87 - 96.

- Asseng, S.; N. C. Turner and R. Richards (2002). Evaluating the impact of traits in wheat associated with early vigour and transpiration efficiency using simulation analysis. 12th Australasian Plant Breed. Conf., Perth, Western Australia, 15 - 20th September p. 102.

- Athanassious, R.; M. A. Klyne and C. T. Phan (1978) Ozone effects on radish

(*Raphanus sativus* L. Cv. Cherry Belle): morphological and cellular damage. Z. Pflanzenphysiol. 90 : 183 - 87.

- Atta Allah, S. A. A (2001). Performance of some soybean cultivars at three N. fertilization levels in newly reclaimed sandy soil. Minia J. Agric Res. of Develop. 21 (1): 155 - 173.

- Austin, R. B.; M. A. Ford and C. L. Morgan, (1989). Genetic improvement in the yield of winter wheat: A further evaluation. J.Agric Sci (Cambridge) 112: 295 - 301.

- Austin, R. B.; I. E. Hanson and S. A. Quarrie (1982). Abscisic acid and drought resistance in wheat, millet and rice. p. 171 - 80. In: Drought Resistance in Crops with Emphasis on Rice. Los Banos, Philippines, IRRI.

- Austin, R. B.; C. L. Morgan; M. A. Ford and R. D. Blackwell (1980). Contributions to grain yield from pre - anthesis assimilation in tall and dwarf barley phenotypes in two contrasting seasons. Ann. Bot. (London) 45 : 309 - 319.

- Awaad, H. A. (1987). Studies on some characters related to lodging resistance in wheat. M. Sc. Thesis, Agron. Dept., Fac. of Agric., Zagazig Univ., Egypt.

- Awaad, H. A. (2001). The relative importance and inheritance of grain filling rate and period and some related characters to grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Proceed. The second Pl. Breed. Conf., October 2, (Assiut Univ.) P. 181 - 198.

- Awaad, H. A. (2002). Phenotypic and genotypic stability of some faba bean (*Vicia faba* L.) varieties. Egypt. J. Plant Breed. 6 (1): [illegible].

- Awaad, H. A. and M. A. A. Nassar (2001). Genotype x environment interaction for yield and fiber quality in cotton (*Gossypium barbadense* L.). J. Adv. Agric. Res. 6 (2): 337 - 360.

- Aycock, M. K. Jr. (1972). Combining ability estimates for weather fleck in *Nicotiana tabacum*. Crop Sci. 12 : 672 - 74.

- Ayyangar, G. N. R. and B. W. X. Ponnaiya (1941). The occurrence and inheritance of a bloomless sorghum. Curr. Sci. 10, 408.

- Bahieldin, A. (2004). Egyptian scientists produce drought - tolerant GM wheat. (Computer Res.) SciDev - Net. 14 Oct. 2004.

- Bakheit, B. R (1990). Variability and correlation in grain sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) under drought conditions at different stages of growth. Crop Sci. 35 : 355 - 360.

- Balasubramaniyan, P and S. P. Palaniappan (2001). Principles and Practices of Agronomy. Agrobios India, New Delhi.

- Baldo, N. B.; D. P. Baldos and A. M. Salazar (1993). Genetic components of drought resistance in corn (*Zea mays* L.). Philippine Journal of Crop - Science (Philippines) 18 (1): 43.

- Banzet, N.; C.; Richaud, Y., Deveaux, M.; Kazmaier, J. Gagnon, and C. Triantaphylides, (1998). Accumulation of small heat shock proteins, including mitochondrial *HSP22*, induced by oxidative stress and adaptive responce in tomato cells. Plant J. 13 : 519 - 527.

- Barakat, M. N.; S. E. Mohamed; A. M. El-Metainy and A. A. Omar (2004). In vitro selection and identification of wheat somaclones tolerance to high temperature via RAPD markers. Alex. J. Agric. Res. 29 (2): 23 - 32.

- Barrs, H. D. (1968). Determination of water deficits in plant tissues. P. 235 - 368. In T. T. Kozlowski (ed.) Water deficits and plant growth. Vol. I. Academic press, New York.

- Barthakur, S. K. and K. C. Bansal (2003). Annexin gene expression in rice. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol. Jan, 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 478.

- Barutcular, C.; I. Genc and M. Koc. (2000). Photosynthetic water use efficiency of old and modern durum wheat genotypes from southeastern Anatolia, Turkey. In: C. Royo; M. M. Nachit; N. Di Fonzo and J. L. Araus (Eds.), Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region: New Challenges, pp. 232 - 238. International Center for Advanced Mediterranean Agronomic Studies, Zaragoza, Spain.

` ıshar, M. K.; G. C. Loresto and T. T. Chang (1992). Genetic studies on root xylem vessels and their association with drought avoidance components in rice, *Oryza sativa* L. SABRAO J. 24 (1): 29 - 39.

- Basnayake, J.; M. Cooper; M. M. Ludlow; R. G. Henzell and P. J. Snell (1995). Inheritance of osmotic adjustment to water stress in three grain sorghum crosses. Theor. Appl. Genet. 90: 675 - 682.

- Basu. M. S.; P. C. Nautiyal and Y. C. Joshi (2003). Carbon discrimination, exchange rate and partitioning of dry matter under natural and simulated drought conditions in groundnut. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol. Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India p. 618.

- Bates, L. S.; R. P. Waldren and I. D. Teare (1973). Rapid determination of free proline for water - stress studies. Plant and Soil 39: 205 - 207.

- Bayoumi, T. Y. (2003). Two cycles of selection for yield and drought tolerance in lentil. Proceed. Third Pl. Breed. Conf. April 26 (2003) (Giza). Egypt J. Plant Breed 7 (1): 439 - 456 Special Issue.

- Bayoumi, T. Y. (2004). Diallel cross analysis for bread wheat under stress and normal irrigation treatments. Zagazig J. Agric. Res. 31 (2): 435 - 455.

- Bayoumi, T. Y. and M. Abd Alla Kotb (2006). Improving drought tolerance of wheat genotypes by glycine betaine application. Egypt. J. of Appl. Science. 12 (11B): 543 - 557.

- Bayoumi, T. Y. and M. H. Eid (2004). Analysis of genetic diversity among some chickpea genotypes for yield and drought tolerance traits. Egypt. J. Appl. Sci. 19 (5): 97 - 110.

- Behl, R. K., K. P. Heise and A. M. Moawad (1996). High temperature tolerance in relation to changes in lipids in mutant wheat. Tropenlandwirt 97: 131 - 135.

- Bennett, J. P. and V. C. Runeckles (1977). Effects of low levels of ozone on growth of crimson and annual ryegrass. Crop Sci. 17 : 443 - 445.

- Bhat, J. S.; R. D. Singh and P. B. Varade (2003). Effect of rainfed and simulated moisture stress conditions in maize. Abstr.. 2[nd] International Cong. of Plant Physiol, Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India p. 232.

- Bialobok, S. (1990). Susceptibility of cereals to sulphur dioxide in the vegetative phase. Produkcja Roslinna 107 (4): 9 - 20.

- Bianchi, G.; E. Lupotto; B. Borghi and M. Corbellini (1980). Cuticular wax of wheat. The effects of chromosomal deficiencies on the biosynthesis of wax components. Planta 148, 328.

- Bidinger, F. R; R. B. Musgrava and R. A. Fischer (1977). Contributing of stored pre - anthesis assimilate to grain yield in wheat and barley. Nature (London) 270: 431 - 433.

- Binelli, G.; E. V. Manincor, de and E. Ottaviano (1985). Temperature effects on pollen germination and pollen tube growth in maize. Genetica Agraria 39: 269 - 81.

- Bloodworth, M. E.; C. A. Burleson and W. R. Cowley (1958). Root distribution of some irrigated crop using undisturbed soil cores. Agron. J. 50: 317 - 320.

- Blum, A. (1979). Genetic improvement of drought resistance in crop plants: A case for sorghum. Stress Physiology in Crop Plants, H. Mussell and R. C. Staples (eds.), John Wiley and Sons, New York.

- Blum, A. (1988). Plant Breeding for Stress Environments. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

- Blum. A., (1998). Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilisation. Euphytica 100: 77 - 83.

- Blum, A. and A. Ebercon (1981). Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. Crop Sci. 21 : 43 - 47.

- Blum, A. and Y. Pnuel (1990). Physiological attributes associated with drought resistance of wheat cultivars in a Mediterranean environment. Aust. J. Agric Res. 41 : 799 - 810.

- Blum, A.; J. Mayer and G. Golan, (1983 a). Chemical desiccation of wheat plants as a simulator of post - anthesis stress II. Relations to drought stress.Field Crops Res.,6 : 149 - 155.

- Blum, A.; H. Poyarkova; G. Golan and J. Mayer (1983b). Chemical desiccation of wheat plants as a simulator of post - anthesis stress; Effect on translocation and kernel growth. Field Crops Res., 6 : 51 - 58.

- Blum, A.; S. Ramaiah; E. T. Kanematsu and G. M. Paulsen (1990). Physiology of heterosis in sorghum with respect to environmental stress; Ann. Botany 65: 149 - 158.

- Blum, A.; B. Sinmena, and O. Ziv (1980). An evaluation of seed and seedling drought tolerance screening. Euphytica 29: 727 - 736.

- Blum. A., B. Sinmena; J. Mayer; G. Golan and L. Shpiler (1994). Stem reserve mobilisation supports wheat grain - filling under heat stress. Aust. J. Plant Physiol 21: 771 - 781.

- Blum, A.; L. Shpiler; G. Golan and J. Mager (1989). Yield stability and canopy temperature of wheat genotypes under drought stress. Field Crop Res. 22 : 289 - 296.

- Blum, A.; L. Shpiler; G. Folan; J. Mayer and B. Sinmena. (1991). Mass selection of wheat for grain filling without transient photosynhesis. Euphytica 54 : 111 - 116.

- Böhm, W. (1972). Wurzelforschung mit Polyäthylen - Röhren. Plant Soil 37: 683 - 687.

- Böhm, W. (1974). Phosphatdüngung and Wurzelwachstum. Phosphorsäure 30, 141 - 157.

- Böhm, W. (1979). Methods of studying Root Systems. Springer - Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

- Bolanos, J. and G. O. Edmeades (1991). Value of selection for osmotic potential in tropical maize. Agron. J. 83 (6): 948 - 956.

- Bolanos, J. and G. O. Edmeades (1993). Eight cycles of selection for drought

tolerance in lowland tropical maize. I. Responses in grain yield, biomass and radiation utilization. Field Crops Res. 31 : 233 - 252.

- Booker, F. L. (2004). Influence of ozone on ribonuclase activity in wheat (*Triticum aestivum*) leaves. Physiologia - Plantarum 120 (2): 249 - 255.

- Borrell, A. K.; G. L. Hammer and R. G. Henzell (2000). Does maintaining green leaf area in sorghum improve yield under drought, 2: Dry matter production and yield, Crop Sci., 40: 1037 - 1048.

- Bose, A.; B. S. Tiwari; M. K., Chattopadhyay; S. Gupta, and B. Ghosh, (1999). Thermal stress induces differential degradation of Rubisco in heat sensitive and heat tolerant rice. Physiol. Plant. 105 : 89 - 94.

- Boston, R. S.; P. V. Viitanene, and E. Vierling (1996). Molecular chaperones and protein folding in plants. Plant Mol. Biol. 32 : 191 - 222.

- Botstein, D.; R. L. White; M. Skolnick and R. Davis (1980). Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphism. Am. J. Hum. Genet. 32: 314 - 331.

- Botwright, T. and R. Lafitte (2002). Progress in identification of rice mutants showing differential response in contrasting water regimes. 12th Australasian Plant Breed. Conf., Perth, Western Australia 15 - 20th September, p. 82.

- Bouslama, M. (1983). Stress tolerance in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.). Diss. Abstr. Int. B. 43 : 2066 B.

- Boyer, J. S., (1982). Plant productivity and environment. Science 218: 443 - 448.

- Brkic, I; D. Simic; Z. Zdunic; A. Jambrovic; T. Ledencan; V. Kovaqcevic and I. Kadar (2004). Genotypic variability of micronutrient element concentrations in maize kernels. Cereal Res. Communications 32 (1): 107 - 112.

- Brown, P. L. (1972). Water use and soil water depletion by dryland wheat as affected by nitrogen fertilization. Ibid. 63: 43 - 6.

- Burke, J. J.; J. R. Mahan, and J. L. Hatfield, (1988). Crop specific thermal kinetic windows in relation to wheat and cotton biomass production. Agron. J. 80 : 553 - 556.

- Butler, L. K. and T. W. Tibbits (1979). Variation in ozone sensitivity and symptom expression among cultivars of *Phaseolus vulgaris* L. J. Am. Soc. Hort. Sci. 104: 208 - 10.

- Cakmak, I.; R. M. Welch; J. Hart; W. A. Norvell; L. Oztürk and L. V. Kochian (2000). Uptake and retranslocation of leaf - applied cadmium (^{109}Cd) in diploid, tetraploid and hexaploid wheats. J. of Experimental Botany 51 (343): 221 - 226.

- Calderini, D. F., M. P. Reynolds and G. A. Slafer (1999). Genetic gains in wheat yield and associated physiological changes during the twentieth century. In: E. H. Satorre & G. A. Slafer (Eds.), Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination. pp. 351 - 377 Food Products Press. New York. NY.

- Calhoun, D. S.; G. Gebeyehu; A. Miranda; S. Rajaram and M. Van Ginkel (1994). Choosing evaluation environments to increase wheat grain yield under drought conditions. Crop Sci. 34: 673 - 678.

- Cameron, J. W. (1975). Inheritance in sweet corn for resistance to acute ozone injury. J. A. Soc. Hort. Sci. 100: 577 - 79.

- Cameron, J. W.; H. Johnson; O. C. Taylor and H. W Otto (1970). Differential susceptibility of sweet corn hybrids to field injury by air pollution. Hort. Sci. 5 : 217 - 19.

- Cao, W.; G. Scoles; P Hucl and R. N. Chibbar (1999). The use of RAPD analysis to classify *Triticum* accessions. Theor. Appl. Genet. 98: 602 - 607.

- Cao, W.; P. Hucl; G.Scoles; R. N. Chibbar; P. N. Fox and B. Skovmand (2002). Cultivar identification and pedigree assessment of common wheat based on RAPD analysis. Wheat Information Service 95 : 29 - 35.

- Castelli, F.; R. Contillo and F. Miceli (1996). Non-destructive determination of leaf chlorophyll content in four crop species. J. Agron. and Crop Sci., 177 : 275 - 283.

- Chandra, K. B; H. E. Shashidhar; J. M. Lilley; N. D. Thanh; J. D. Ray; S. Sadasivam; S. Sarkarung; J. C. O' Toole and H. T. Nguyen (2001). Variation in root penetration ability, osmatic adjustment and dehydration tolerance among accessions of rice adapted to rainfed low land and upland ecosystems. Plant Breed. 120: 233 - 238.

- Chang, H. H. (1983). Effect of drought on seed germination and yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). J. Agric. Assoc. China, No. 124: 53 - 62.

- Chang, T.; Armenta - Soto; R. Peiris and C. Loresto, (1985). Genetic studies on the components of drought resistance in rice (*Oriza sativa* L.).International Rice Genetics Symposium, May 27 - 31: 1 - 17.

- Chapman, S. C. and G. O. Edmeades (1999). Selection improves drought tolerance in tropical maize populations. II. Direct and correlated responses among secondary traits. Crop Sci. 39: 1315 - 1324.

- Chapman, S. C.; G. L. Hammer; D. Podlich and M. Cooper (2002). Simulated influence of drought incidence on conventional and marker - assisted selection in sorghum breeding. 12^{th} Australasian Plant Breed. Conf., Perth, Western Australia 15 - 20^{th} September, p. 79.

- Chatterton, N. J.; W. W. Hanna; J. B. Powell and D. R. Lee (1975). Photosynthesis and transpiration of bloom and bloomless sorghum. Can. J. Plant Sci. 55 : 641 - 643.

- Chaudhary, B. D.; R. K. Pannu; D. P. Singh and P. Singh (1996). Genetics of metric traits with biomass partitioning in wheat under drought stress. Annals of Biology, Ludhiana. 12 (2): 361 - 367.

- Chernysheva, S. V. and O. D. Bykov (1989). Genotypic diversity and drought resistance in wheat species in relation to a number of photosynthetic parameters. Sbornik Nauchnykh Trudor po Prikladnoi Botanike, Genetikel Selektsii, 127: 100 - 111. (C. F. Plant Breed. Abst. (1991) 61, (7) 233).

- Chopra, V. L. (2001). Breeding Field Crops. Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi.

- Chowdhury. S. and I. F. Wardlaw, (1978). The effect of temperature on kernel development in cereals. Aust J. Agric Res 29: 205 - 223.

- Chuni - Lal; K. Hariprasanna; A. L. Rathnakumar; H. K. Gor and B. M. Chikani (2006). Gene action for surrogate traits of water use efficiency and harvest index in peanut (*Arachis hypogaea* L.). Annals of Applied Biology 148 (2): 165 - 172.

- Chutia, J. R. and S. P. Borah (2003). Preliminary evaluation of stress tolerance in traditional rice variety of Assam. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India p. 617.

- Clarke, J. M. and T. F. Townley - Smith (1984). Screening and selection techniques for improving drought resistance. In: P. B. Vose, and S. G. Blixt (Eds) "Crop Breeding a Contemporary Basis"; pp. 137 - 162, Pergamon Pr. N. Y.

- Clarke, J. M. and T. F. Townley - Smith (1986). Heritability and relationship to yield of excised - leaf water retention in durum wheat. Crop Sci. 26 : 289 - 292.

- Clark, J. M.; D. Leisle and G. L. Kopytko (1997). Inheritance of cadmium concentration in five durum wheat crosses. Crop Sci. 37 (6): 1722 - 1726.

- Clarke, J. M.; T. F. Townley - Smith; T. N. McCaig and D. G. Green (1984). Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. Crop Sci. 24 : 537 - 541.

- Cook, C. and K. M. El-Zik (1992). Cotton seeding and first - bloom plant characteristics: Relationships with drought - influenced boll abscission and lint yield. Crop Sci. 32 : 1464 - 1469.

- Council of Europe (1994). Lead, cadmium and mercury in food: Assessment of dietary intakes and summary of heavy metal limits of foodstuffs. Council of Europe Press, Strasbourg, France.

- Cox, T. S.; J. P. Shroyer, L. Ben - Hui; R. G. Sears and T. J. Martin (1988). Genetic improvement in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars from 1919 to 1987. Crop Sci 28: 756 - 760.

- Craufurd, P. Q.; T. R. Wheeler; R. H. Ellis; R. J. Summerfield and J. H. Williams (1999). Effect of temperature and water deficit on water use efficiency, carbon isotope discrimination and specific leaf area in peanut. Crop Sci. 39 : 136 - 142.

- Cronje, M. J and L. Bornman (1999). Salicylic acid influences *Hsp 70*, *Hsc 70* expression in *lycopersicon esculentum*; dose - and time - dependent induction of potentiation. Biochem. Biophys. Res. Commun. 265: 422 - 427.

- Cseuz, L. and L. Erdei (1996). Improving the drought tolerance of winter wheat in a breeding program. 5th International Wheat Conference June 10 - 14, Ankara, Turkey.

- Dai, J. Y.; W. L. Gu; X. Y. Shen; B. Zheng; H. Qi and S. F. Cai (1990). Effect of drought on the development and yield of maize at different growth stages. J. Shenyang Agric. Univ. 21 : 181 - 185.

- Darley, E. F. (1966). Studies on the effect of cementkiln dust on vegetation. J. Air Pollut. Contra. Ass. 16 : 145 - 150.

- Darwish D. S.; E. A. El-Metwally; M. M. Shafik and H. H. El-Hinnawy (1999). Stability of faba bean varieties under old and newly reclaimed lands. Proceed. Plant Breed. Conf. Giza, Egypt. J. Plant Breed. 3: 365 - 377.

- Das, A. and K. C. Bansal (2003). Cloning of ascorbate peroxidase gene from wheat. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol. Jan, 8 - 12, 2003, New Delhi, India p. 481.

Das, T. K. and B. Padhy (2003). Changes in biomolecular contents of germinating rice seedlings in response to industrial effluents. Abstr. 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India p. 223.

Davis, D. D. and L. Krebs (1974). The relative susceptibility of ten bean varieties to ozone. Pl. Dis. Reptr. 58: 14 - 16.

- Davis, R. D; P. H. T. Beckett and E. Wollan (1978). Critical levels of twenty potentially toxic elements in young spring barley. Plant Soil, 49, 395.

- Davies, W. J.; F. Tardieu and C. L. Trejo (1994). How do chemical signals work in plants that grow in drying soil? Plant Physiol. 104: 309 - 314.

- Deckerd, E. L.; R. H. Busch and K. D. Kofoid (1985). Physiological aspects of spring wheat improvement. In: J. E. Harper; L. E. Schrader and R. W. Howell (Eds.), Exploitation of Physiological and Genetic Variability to Enhance Crop Productivity. pp. 45 - 54. American Society of Plant Physiologists, Rockville. MD.

- Dedio, W. (1975) Water relations in wheat leaves as screening tests for drought resistance. Can. J. Plant Sci. 55: 369 - 378.

- Dedio, W.; D. W. Scewart, and D. G. Green (1976). Evaluation of photosynthesis measuring methods as possible screening techniques for drought resistance in wheat. Can. J. Plant Sci. 56: 243 - 247.

- De Roo, H. C. (1957). Root growth in connecticut tobacco soils. Conn. Agric. Exp. Stn. Bull. No. 608, 36 pp.

- De Roo, H. C. (1961). Deep tillage and root gyowth. A study of tobacco growing in sandy loam soil. Conn. Agric, Exp. Stn. Bull. No. 644, 48 pp.

- Desai, S. A and R. D Singh (2003). Heterosis and inbreeding depression for morpho - physiological characters in relation to drought tolerance in maize. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan, 8 - 12, 2003, New Delhi, India p. 231.

- Deshmukh, R. N.; K. N. Dhumal and R. K. Aher (2003 a). Effect of water stress on protein and proline contents in sorghum cultivars. Abstr. 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan, 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 212.

- Deshmukh, P. S.; R. K. Sairam; S. R. Kushwaha and T. P. Singh (2003b). Simple indices for measuring stress tolerance in crop plants. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 -12, 2003, New Delhi, India p. 148.

- Diab, A. A; B. Teulat - Merah; D. This; N. Z. Ozturk; D. Benscher and M. E. Sorrells (2004). Identification of drought - inducible genes and differentially expressed sequence tags in barley. Theor. Appl. Genet. 109 (7): 1417 - 25.

- Dixon, J.; M. R. Hull; A. H. Cobb and G. E. Sanders (1996). A study of antagonism between the herbicide phenmedipham and ozone pollution in sugarbeet. Pesticide - Science 1996, 46 (3): 286 - 287. Presented at a Conference entitled Research into bioactive molecules, Welwyn Garden City, UK, 15 March 1995.

- Doman, E.; T. Yanagisawa; A. Saito and K. Takeda (2004). Single nucleotide polymorphism genotyping of the barley waxy gene by polymerase chain reaction with confronting two-pair primers . Plant Breeding 123: 225 - 228.

- Donmez., E.; R. G. Sears; J. P. Shroyer and G. M. Paulsen (2001). Genetic gain in yield attributes of winter wheat cultivars in the Great Plains. Crop Sci. 41 : 1412 - 1419.

- Doorenbos, J. and W. O. Pruitt (1984). Crop water requirements, Irrigation and Drainage. Paper No. 24, FAO. Rome, Italy.

- Dorgham, E. A.; A. Sh. A. Osman; S. E. M. El-Sisi and E. A. Abdel Latif (2003). Risk assessment of waste water irrigation on the agricultural lands. Egypt J. Appl. Sci. 18 (8): 342 - 353.

- Dugger, W. M.; O. C. Taylor; E. Cardiff and C. R. Thompson (1962). Relationship between carbohydrate content and susceptibility of pinto bean plants to ozone damage. Proc Am Soc. Hort. Sci. 81. 304 - 15.

- Ebercon, A., A. Blum, and W. R. Jordon (1977). A rapid colorimetric method for epicuticular wax content of sorghum leaves. Crop Sci. 17: 179 - 180.

- Eberhart, S. A. and W. A Russell (1966). Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci., 6 : 36 - 40.

- Edmeades, G. O.; S. C. Chapman; J. Bolanos; M. Banziger and H. R. Lafitte. (1995). Recent evaluations of progress in selection for drought tolerance in tropical maize. Proceed. of the 4th Eastern and Southern African Regional Maize Conf., 28 March - 1 April, 1994 Harare, Zimbobwe. CIMMYT, Harare, pp. 94 - 100.

- Ehrler, W. L.; S. B. Idso; R. D. Jackson, and R. J. Reginato (1978). Wheat canopy temperature: Relation to plant water potential. Agron. J. 70: 251 - 255.

- Ehsanpour, A. A. and F. Amini (2003). Effect of salt and drought stress on acid phosphatase activity in alfalfa (*Medicago sativa* L.) callus. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan 8 - 12, 2003, New Delhi, India p. 149.

- Ekanayake, I. J.; J. C. O'Toole; J. P. Garrity, and T. M. Masajo. (1985). Inheritance of root characters and their relations to drought resistance in rice. Crop Sci. 25: 927 - 933.

- El-Abd, A. B.; A. A. Abd Allah and A. A. El-Hissewy (2004). Studies on combining ability and heterosis for yield and some physiological characteristics in rice (*Oryza sativa* L.). Abstr.:The International Conference on Advanced Rice Research 21 - 23 September 2004, Alexandria, Egypt p. 43.

- El-Bakery, M. H. I; M. M. El -Menshawi and M. F. Saba (2003). The relationship between the stay - green trait and post - flowering drought tolerance in grain sorghum genotypes. Proceed. Third Pl. Breed. Conf. April 26 (Giza). Egypt. J. Plant Breed. 7 (1): 271 - 283 Special Issue.

- El-Banna, A. Y. (2004). Evaluation of productivity of some long - spike wheat cultivars under different rates of density and N-fertilization. Ph. D. Thesis. Agron. Dept. Fac. of Agric. Zagazig Univ., Egypt.

- El-Batal, M. A.; M. H. Abdel-Gawad; M. A. M. Soliman and El. A. Abdel-Aziz (2002). Water requirements in relation to growth stages in wheat. Zagazig J. Agric Res. 29 (3): 961 - 982.

- El-Borhamy, H. S (2004). Genetic analysis of some drought and yield related characters in spring wheat varieties (*Triticum aestivum* L.). J. Agric Sci. Mansoura Univ. 29 (7): 3719 - 3729.

- El-Hafid, R.; D. H. Smith; M. Karrou and K. Samir (1998). Physiological responses of

spring durum wheat cultivars to early-season drought in a Mediterranean environment. Annals of Botany. 81 (2): 363 - 370.

- El-Hifnawi, S. M. O (1986). Physiological studies on guava. Ph. D. Thesis, (Pomology) Hort. Depart., Fac. Agric. Zagazig Univ., Egypt.

- El-Hifny, M. Z.; K. A. A. Kheiralla; G. R. El-Nagar and M. B. M. Aly (2003). Evaluation of maize (*Zea mays* L.) S_1 lines under favorable and water stress conditions. Assiut J. of Agric. Sci. 34 (5): 99 - 114.

- El-Hinnawy, H. H. (1998). Breeding study on yield and earliness for some wheat genotypes under stress environment. Egypt. J. Plant Breed, 2: 91 - 99.

- El-Hinnawy, H. H.; E. A. Mahmoud; A. L. Allam and M. I. Masre (2001). Effect of environmental changes on the performance of some sugarcane genotypes. The 2nd Plant Breed. Conf., October 2, 2001 (Assiut Univ.), p. 265 - 280.

- El-Hity, M. A.; S. H. Abou-Khadra; A. A. El-Hissewy; M. S. Abd El-Aty and A. S. M. Abd El-Lattif (2004). Genetic analysis of root characters in rice. Abstr.: The International Conference on Advanced Rice Research 21 - 23 September 2004, Alexandria, Egypt, p. 39.

- El-Kalla, S. E.; A. E. Sharief ; A. M. Abdalla; A. A. Leilah and S. A. El-Awamy (2004). Improvement of wheat productivity by using some agricultural practices for reducing environmental pollution. Zagazig J. Agric. Res. 31 (3): 813 - 827.

- El-Karamity, A. E. (1998). Performance of some soybean cultivars at different soil moisture levels. Zagazig J. Agric. Res. 25 (2): 195 - 210.

- El-Lithy, R. E. and A. I. N. Abdel-Aal (2004). Performance of faba bean genotypes under the environmental conditions of southern Egypt at Toshky. Minia J. of Agric Res. and Develop. 24 (1): 31 - 52.

- Ellis, R. J. (1990). The molecular chaperone concept. Semin. Cell Biol. 1 : 1 - 9.

El-Mandoh, M. E. and W. A. El-Sawy, (1996). Phenotypic stability for pod yield in some peanut hybrids. Egypt. J. Agric. Sci. 11 (8): 46 - 53.

- **El-Menshawi, M. M. and M. H. El-Bakry (2004). Estimates of heterobeltiosis and combining ability in grain sorghum. Egypt. J. Plant Breed. 8 : 41 - 60.**

- El-Nagouly, O. O.; M. S. A. Mostafa; M. I. Bashir; M. M. El-Menshawi; A. M. El-Kady; M. R. Asran and M. H. El-Bakry (2001). Shandawell - 6: A recently released grain sorghum hybrid for Egypt. Egypt. J. Plant Breed. 5: 117 - 126.

- El-Nahrawy, M. A. Z.; G. S. Mikhiel; T. A. Muhmoud; H. F. El-Selemy; M. El-H. Haggag and A. Rammah (1997). "Nubaria" A new alfalfa synthetic cultivar for desert areas in Egypt. Egypt. J. Plant Breed. 1: 1 - 7.

- El-Refaee, I. S.; M. E. Mosalem and F. A. Sorour (2004). Effect of irrigation regimes on productivity of Giza 178 and Sakha 102 rice cultivars under broadcasting method. Abstr.: The International Conference on Advanced Rice Research, 21 - 23 September, 2004, Alexandria, Egypt, p. 29.

- El-Saidi, M. T; A. A. Kandil and B. B. Mekki (1992). Effect of different levels of water supply on growth, yield, oil and fatty acids contents of some cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Proc. 5^{th} Conf. Agron., Zagazig 13 - 15 Sept. Vol. (2): 889 - 907.

- El-Sayed, A. A.; R. A. Abo - El-Enein; A. S. El-Gamal; A. A. El-Sherbiny and..... (2003). **Two new hull - less barley varieties for rainfed areas in Egypt.** Proceed. Third **Pl. Breed Conf. April 26 (Giza). Egypt. J. Plant Breed. 7 (1): 375 - 385** Special Issue.

- **El-Seidy, E. H. (2003). A diallel cross analysis in F_1 and F_2 generations for earliness, yield and its components of barley under favorable and water stress conditions. Proceed. Third Pl. Breed, Conf, April 26 (Giza). Egypt. J. Plant Breed. 7 (1): 643 - 663 Special Issue.**

- **El-Shazly, M. S. and I. B. Warboys (1989). The use of transparent flexible tubes for studying the root extension and elongation of beans (*Vicia faba*). Exptl. Agric. 25 : 35 - 37.**

- El-Zeiny, H. A (1981) Some physiological studies on the drought resistance in corn plants. M. Sc. Thesis, Fac. Agric. Ain-Shams Univ.

- Engle, R. L. and W. H. Gabelman (1966). Inheritance and mechanism for resistance to ozone damage in onions, *Alium cepa* L. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 89: 423 - 30.

- EPA (Environmental Protection Agency (1974). Monitoring and air quality trends report, 1973. EPA 450/ 1 - 74 - 007, pp. 130.

- Essam, E. S. (1992). Differential response of some maize genotypes to water stress. Egypt. J. Appl. Sci. 7 (11): 325 - 337.

- Fadeel, A. A. (1962). Location and properties of choloroplast and pigment determination in roots. Plant Physiol. 15 : 130 - 147.

- Farooqu, K. D.; F. A. Khan and M. A. Bhat (2003). Use of mannitol for screening drought resistance in rice (*Oryza sativa* L.). Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan, 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 256.

- Fecht Chrstoffers, M. M; P. Maier and W. Horst (2003). Apoplastic peroxidases and ascorbate are involved in manganese toxicity and tolerance of vigna. Physiologia - Plantarum, 117 (2): 237 - 244.

- Fereres, E.; C. Gimenez and J. M. Fernandez (1986). Genetic variability in sunflower cultivars under drought. I Yield relationships. Aust. J. Agric. Res. 37 : 573 - 582.

- Fernandez, G. C. J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceeding of Symposium. Taiwan 13 - 16 Aug. Chapter 25, pp: 257 - 270.

- Fernanda Dreccer; D. Rodriguez and F. Ogbonnaya (2002). Tailoring wheat for marginal environments: a crop modelling study. 12th Australasian Plant Breed. Conf., Perth, Western Australia 15 - 20th September, p. 77.

- Ferri, M. G. (1953). Water balance of plants from the "Caatinga". Rev. Brasil. Biol 13: 237 - 244.

- Finlay, K. W. (1968). The significance of adaptation in wheat breeding. pp. 403 - 309 In: Third International Wheat Genetics Symposium, 1st. ed., Shephered, K. W., Ed. Butterworths Sydney.

- Finlay, K. W. and G. N. Wilkinson (1963). The analysis of adaptation in a plant breeding program. Aust. J. Agric. Res. 19: 742 - 754.

- Fischer, K. S.; G. O. Edmeades and E. C. Johnson (1989). Selection for the improvement of maize yield under moisture deficits. Field Crops Res. 22 : 227 - 243.

- Fischer, R. A. and N. C Turner (1978). Plant productivity in the arid and semi-arid zones. Ann. Rev. Plant Physiol. 29: 277 - 317.

- Fischer, R. A. and J. T. Wood (1979). Drought resistance in spring wheat cultivars. III. Yield associations with morphophysiological traits. Aust. J. Agric. Res. 30 : 1001 - 1020.

- Fischer, R. A.; M. Sanchez, and J. R. Syme (1977). Pressure chamber and air flow porometer for rapid field indication of water status and stomatal condition in wheat. Expl. Agric. 13: 341 - 351.

- Fokar, M.; H. T. Nguyen and A. Blum (1998). Heat tolerance in spring wheat. I. Estimating cellular thermotolerance and its heritability. Euphytica 104: 1 - 8.

- Gauch, H. G (1988). Model selection and validation for yield trails with interaction. Biometrics 44 : 705 - 15.

- Genoveva, C. L. and T. T. Chang (1985). Genetic conrol of rice root system associated with drought resistance. International Rice Genetics Symposium, May 27 - 31: 77 - 82.

- Gliemeroth, G. (1957). Untersuchungen über Ausbildung und Leistung der Keim - und kronenwurzeln bei Sommergetreide. Z. Acker - Pflanzenbau 103: 1 - 21.

- Goedewaagen, M. A. J. (1948). De methoden, die aan het Landbouw - proefstation en Bodemkundig Instituut T. N. O. te Groningen bij het wortelonderzoek op bouw-en grasland in gebruik zijn. 11 pp. Groningen, Inst. Bodemvruchtbaarheid.

- Goldbach, H. and E. Goldbach (1977). Abscisic acid translocation and influence of water stress on grain abscisic acid content. J. Exp. Bot. 28: 1342 - 1350.

- Golestani Araghi, S. and M. T. Assad (1998). Evaluation of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat. Euphytica 103 : 293 - 299.

- Gomah, H. H.; H. A. Ezzeldin and M. M. M. Ahmed (2003). Evaluating levels of certain heavy metals in some fertilizers and pesticides. Assiut J. Agric. Sci. 34 (6): 1 - 11.

- Gong, M.; Y. J. Li, and S. Z. Chen (1998). Abscisic acid induced thermo tolerance in maize seedlings is mediated by calcium and associated with antioxidant systems. J. Plant Physiol. 153: 488 - 496.

- Gosav, N. A. (1960). Some methods in studying plant water relations. Leningrad Acad. of Science, USSR.

- Gould, R. P. and T. A. Mansfield (1989). The sensitvity of early century cultivars of wheat to air pollution. Environ. Pollution 56 : 31 - 37.

- Grant, C. A. and L. D. Bailey (1998). Nitrogen phosphorus and zinc management effects on grain yield and cadmium concentration in two cultivars of durum wheat. Cana. J. Plant. Sci / Rev. Can. Phytotech. 78 (1): 63 - 70.

- Grobbelaar, J. U and F. H. Mohn (2002). Ozon stress in rust-resistant and susceptible *Helianthus annuus* cultivars as measured by chlorophyll fluorescence. Soth African J. of Botany 68 (4): 469 - 474.

- Grote, E. M.; G. Ejeta and D. Rhodes (1994). Inheritance of glycinebetaine deficiency in sorghum. Crop Sci. 34 (5): 1217 - 1220.

- Grzesiak, S. (1990). Reaction to drought of inbreds and hybrids of maize (*Zea mays* L.) as evaluated by field and greenhouse experiments. Maydica 35 (3): 303 - 311.

- Gupta, U. S. (1997). Crop Improvement. Volume 2 Stress Tolerance. Science Publishers, Inc USA.

- Gupta, M.; R. K. Rehl and H. S. Nainawatee (1987). Heat shock protection in seedlings of thermotolerant wheat mutant. Ann. Biol. 3 : 111 - 114.

- Gupta, S. C.; S. N. Sharma; K. Singh; B. S. Afria and R. S. Saini (2003). Physiological responses of chickpea genotypes to thermal and moisture stress. Abstr.: 2nd International Cong of Plant Physiol., Jan, 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 234.

- Haley, S. D. and J. S. Quick (1993). Early - generation selection for chemical desiccation tolerance in winter wheat. Crop Sci. 33 : 1217 - 1223.

- Hall, A. E. (2001). Crop Responses to Environment. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida. Euphytica 104: 1 - 8.

- Handique, G. K.; A. K. Handique and M. C. Kalita (2003). Impact of heavy metals on proline accumulation in lemongrass (*Cymbopogon flexuosus* Stape). Abstr.: International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 168.

- Hanks, J. R.; J. Keller; V. P. Rasmussen and G. D Wilson (1976). Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 40 : 426.

- Harada, E.; Y. T. Chol; A. Tsuchisaka; H. Obata and H. Sano (2001). Transgenic tobacco plants expressing a rice cysteine synthase gene are tolerant to toxic levels of cadmium. J. of Plant Physiology 158 (5): 655 - 661.

- Hari, D. U. and N. N. Shyam (1999). Detection of epistasis for protein and oil contents and oil quality parameters in peanut. Crop Sci. 39: 115 - 118.

- Hartung, W. and S. Slovik. (1991). Physiochemical properties of plant growth regulators and plant tissues determine their distribution: Stomatal regulation by abscisic acid in leaves. New Phytol. 119 : 361 - 382.

- Hassan, A. I. A. (2002). Gene action and heritability estimates of F_3 wheat families under saline conditions at Ras Sudr. Zagazig J. Agric. Res. 29 (2): 405 - 420.

- Hazen, S. P; M. S. Pathan; A. Sanchez; I. Baxtev; M. Dunn; B. Estes; H. S. Chang; T. Zhu; J. A. Kreps and H. T. Nguyen (2005). Expression profiling of rice segregating

for drought tolerance QTLs using a rice genome array. Funct. Integr Genomics 5 (2): 104 - 16.

- Heagle, A. S. and M. A. Letchnorth (1982). Relationships among injury, growth and yield responses of soybean cultivars exposed to ozones at different light intensities. J. Environ. Quality 11: 690 - 94.

- Heaton, A. C. P; C. L. Rugh; T. Kim; N. J. Wang and R. B. Meagher (2003). Toward detoxifying mercury - polluted aquatic sediments with rice genetically engineered for mercury resistance. Environmental Toxicology and Chemistry 22 (12): 2940 - 2947.

- Heck, W. W.; J. A. Dunning; R. A. Reinert; S. A. Prior; M. Rangappa and P. S. Benepal (1988). Differential response of four bean cultivars to chronic doses of ozone. J. Am. Soc. Hort. Sci. 113 - 46 - 51.

- I ,erden ?. D. R.-Van; O. T. Villiers; P. D. R. Van-Heerden and O. T. De-Villiers (1996). Evaluation of the relative water content and the reduction of 2, 3, 5-triphenyl-tetrazolium chloride as indicators of drought tolerance in spring wheat cultivars. South African Journal of Plant and Soil 31 (4): 131 - 135.

- Hefny, M. M. and E. M. Hokam (2005). Peanut response to water stress as reflected in yield and physiological attributes. Proceed. Fourth Pl. Breed. Conf. March 5, (Ismailia), Egypt. J. Plant Breed. 9 (1): 239 - 253.

- Hegazi, A. M. and Kh. H. Hassan (1998). Wheat yield potentiality under rainfed agriculture conditions in Egypt, I. Response of yield and yield components to P and N fertilizers under intra - and inter year rainfall variability conditions. Proc. 8th Conf. Agron. Suez., Canal Univ., Ismailia, Egypt, 28 - 29 Nov. p. 80 - 90.

- Henson, I. E.; V. Mahalakshmi; G. Algerswamy and F. R. Bidinger (1983);. The association between flowering and reduced stomatal sensitivity to water stress in pearl millet (*pennisetum americanum* (L) Leeke). Ann. Bot. 52: 641 - 48.

- Hess, J. L.; L. D. Moore and B. I. Chevone (1983). Impact of ozone fumigation on

metabolic levels in cultivars of soybean with different tolerance to ozone. Phytopathology 73: 819.

- Hoffmann, A. A. and P. A. Parsons, (1991). Evolutionary Genetics and Environmental Stress. Oxford University Press, Oxford.

- Holden, J., Peacock, and T. Williams (1993). Genes, Crops and the Environment. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

- Hong, S. W. and E. Vierling (2000). Mutants of *Arabidopsis thaliana* defective in the acquisition of tolerance to high temperature stress. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 97: 4392 - 4397.

- Hoogenboom, G.; M. G. Huck and C. M. Peterson (1987). Root growth rate of soybean as affected by drought stress. Agron. J. 79: 607 - 14.

- Howarth, C. J.; C. J. Pollock, and J. M. Peacock (1997). Development of laboratory - based methods for assessing seedling thermotolerance in pearl millet. New Phytol. 137: 129 - 139.

- Howell, R. K.; T. E. Devine and C. H. Hanson (1971). Resistance of selected alfalfa strains to ozone. Crop Sci. 11: 114 - 15.

- Hsissou, D. and J. Bouharmont (1994). In vitro selection and characterization of drought - tolerant plants of durum wheat (*Triticum durum* Desf). Egypt. J. Appl. Sci.; 10 (1): 657 - 674.

- Huang, L; F. Murray and X. Yang (1993). Response of nitrogen metabolism parameters to sublethal SO_2 pollution in wheat [*Triticum aestivaum* cv. Wilgoyne (Ciano/ Gallo)] under mild Nacl stress. Environmental and Experimental Botany 33 (4): 479 - 493.

- Human, J. J.; Du Preez and L. P. De Brugn (1990). The influence of plant water stress on net photosynthesis and leaf area of two maize (*Zea mays* L.) cultivars. J. Agron. & Crop Sci. 164: 194 - 201.

- Hurd, E. A. (1974). Phenotype and drought tolerance in wheat. Agric. Meteor. 14: 39 - 55.

- Hurd, E. A. (1975). Phenotypic and genotypic tolerance in wheat. pp. 39 - 57. In: Plant modification for more efficient water use. 1st. ed., J. F. Stone, Ed. Elsevier, New York.

- Hurd, E. A. (1976). Plant breeding for drought resistance. Water Deficits and Plant Growth. T. T. Kozlowski (ed.), Vol. IV, pp. 317 - 353, Academic Press, New York.

- Hurd, E. A., T. F. Townley - Smith; D. Mallough, and L. A. Patterson (1973). Wakooma durum wheat. Can. J. Plant Sci. 53: 261 - 262.

- Hysen, T. Van; N. Terry and E. A. H. Pilon - Smits (2004). Exploring the selenium phytoremediation potential of transgenic Indian mustard overexpressing ATP sulfurylase of crytathionine gamma synthase. International J. of phytoremediation 6 (2): 111 - 118.

- Iba, K. (2003). Trienoic acids and plant tolerance to temperature. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India P. 146.

- Iljin, W. S. (1931). Austrocknungs resistenz des Farnes Notochlaena Marantae R. Br. Protoplasma 13 : 322 - 330.

- Impa, S. M.; S. Nadaradjan; M. S. Sheshshayee; H. Bindumadhava; T. G. Prasad and M. Udayakumar (2003). RAPD markers and stable isotope ratios to deleineate the stomatal and mesophyll control of water use efficiency (WUE) in rice. Abstr. 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 268.

- IRRI, International Rice Research Institute (1977). Rice III: Annual Report for 1976, Los Banos, Philippines.

- IRRI (1996). Annual Report for 1996. Los Banos. Philippines.

- Islam, M. S.; P. S. L. Srivastava and P. S. Deshmukh (1999). Genetic studies on drought tolerance in wheat. II. Early seedling growth and vigour. Annals of Agricultural Research. 20 (2): 190 - 194.

- Ismail, T. A.; S. S. A. Soliman, M. A. Ismail and E. M. Dalal Ismail (1999). Genetic variances of some physiological characters in rice (*Oryza sativa* L.) under drought (mild regime of water) condition. Zagazig J. Agric. Res. 26 (3A): 599 - 610.

- Israelsen, O. W. and V. E. Hansen (1962). "Irrigation principles and practices". 3rd Ed. John Wiley and Sons Jnc., New York, U. S. A. Jensen M. E (1983), "Design and operation of farm irrigation systems", Amer Soc. Agric. Eng., Mitchigen, U. SA.

- Ivanovic, M.: S. A. Quarrie; J. Djordjevic and S. Pekic (1992). Inheritance of abscisic acid production in maize (*Zea mays* L.) leaves in response to rapid drought stress and in the field. Maydica 37 (4): 313 - 318.

- Jagtap, V.; S. Bhargava; P. Streb and J. Feierabend, (1998). Comparative effect of water, heat and light stresses on photosynthetic reactions in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. J. Exp. Bot. 49: 1715 - 1721.

- Jensen, M. E. (1983). Design and operation of farm irrigation systems. Amer. Soc. Agric. Eng., Michigan, USA.

- Jeon, J. S.; S. Lee; K. H. Jung; S. H. Jun; D. H. Jeong; J. Lee; C. Kim; S. Jang; S. Lee; K. Yang; J. Nam; K. An; M. J. Han; R. J. Sung.; H. S. Choi; J. H. Yu; J. H. Choi; S. Y. Cho; S. S. Cha; S. I. Kim and G. An (2000). T-DNA insertional mutagenesis for functional genomics in rice. Plant J. 22: 561 - 570.

- Jeong, Y. H.; H. Nakamura and Y. Ora (1980). Physiological studies on photochemical oxidants injury in rice plants. I. Varietal difference of abscisic acid content and its relation to the resistance to ozone. Jap. J. Crop Sci. 49: 456 - 60.

- Jirali, D. I.; B. D. Biradar and K. N. Pawar (2003). Performance of rabi sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Moench. genotypes under receding soil moisture conditions in different soil types. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol. Jan. 8 - 12, 2003. New Delhi, India p. 190.

- Kabata - Pendias, A. (1979). Current problems in chemical degradation of soils. Paper presented at Conf. on Soil and Plant Analysis in Environ. Protection, Fanlenty, Waxow October 29, 7.

- Kacperska, A. (2003). Signal transduction in the stress - affected cells. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiology. Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India p. 417.

- Kadry, M. O. and M. Y. Hussein, (1987). Genetic variability in root characteristics in relation to yield under drought in early maturing barley. Assiut. J. of Agric. Sci. 18: 319 - 332.

- Karamanos, A. J.; B. Drossapoulos and K. A. Niabes (1981). Free proline accumulation during development in the organs of two wheat cultivars subjected to different degrees of water stress. In Panhellenic Congress of Geotechnical Research Abstracts. 13. (C. F. Crop Physiol. Abstr. (1985) 11 (11), 3575).

- Kashiwagi, J.; L. Krishnamurthy and R. Serraj (2003). Genetic variability in checkpea *(C. arietinum)* root traits and its implication on yield under terminal drought stress. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India P. 249.

- Kassab, O. M. (2004). Response of some faba bean varieties to water stress at some growth stages. Egypt. J. Appl. Sci. 19 (5): 111 - 120.

- Kassem, M. A.; K. Meksem; C. H. Kang; V. N. Njiti; V. Kilo; A. Wood and D. A. Lightfoot (2004). Loci underlying resistance to manganese toxicity mapped in a soybean recombinant inbred line population of Essex x Forrest. Plant and Soil 260 ($^1/_2$): 197 - 204.

- Kaul, R. (1974). Potential net photosynthesis in flag leaves of severely drought - stressed wheat cultivars and its relationship to grain yield. Can. J. Plant Sci. 54 : 811 - 815.

- Kawashima, A. U; C. G. Noji; M. Nakamura; Y. Ogra; K. T. Suzuki and K. Saito (2004). Heavy metal tolerance of transgenic tobacco plants over - expressing-cysteine synthase. Biotechnology Letters 26 (2): 153 - 157.

- Keshta, M. M. (1998). Evaluation of some rapeseed genotypes under normal and

stress treatments. Proc. 8th Conf. Agron., Suez Canal. Univ. Ismailia, Egypt, 28 - 29 Nov. P. 570 - 577.

- Kitagishi, K. and I. Yomane (1981). Heavy Metal Pollution in Soils of Japan. Japan. Sci. Soc. Press, Tokyo, 302.

- Khaniki G. R. J and M. A. Zazoli (2005). Cadmium and lead contents in rice *(Oryza sativa)* in the North of Iran. Int. J. Agri. Biol. 7 (6): 1026 - 1029.

- Khanna - Chopra, R. and C. Viswanathan (1999). Evaluation of heat stress tolerance in irrigated environment of *T. aestivum* and related species. I. Stability in yield and yield components. Euphytica 106 : 169 - 180.

- Khanna, R. C.; D. Selote; R. V. Patil; S. Chauhan and C. Viswanathan (2003). Drought induced spikelet sterility is associated with reactive oxygen species scavenging capacity in upland rice cultivars. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 152.

- Khater, A. N. (2002). Tolerance of some barley cultivars to irrigation water deficiency in Middle Delta. Egypt. J. Appl. Sci. 17 (10): 102 - 121.

- Kheiralla, K. A.; A. A. Ismail and G. R. EL-Nagar (1997). Drought tolerance and stability of some spring wheat cultivars. Assiut J. Agric. Sci. 28 (1): 75 - 88.

- Khizzah, B. W.; F. R. Miller and R. J. Newton (1995). Genetic and physiological components of post flowering drought tolerance in sorghum. African Crop Science Journal (Uganda). Seventh Issue. (Mar) 3 (1): 15 - 21.

- Kidambi, S. P. (1987). Genetic control of gas exchange processes affecting water use efficiency in grain sorghum. Dissertation - Abstr. International, B- Sciences and Engineering 48 : (5): 1208 B.

- Kilchevsky, A.; L. Khotylyova; V. Peshich; L. Kogotko; A. Schoor; A. Gavrilov; A. Kruk; G. T. Scarascia; E. Porceddu and M. A. Pagnotta (1999). Breeding of vegetable with minimum pollutant accumulation. Genetics and Breeding for crop quality and

resistance. Proceedings of the XV EUCARPIA Congress, Viterbo, Italy, September 20 - 25, 1998. 1999, 313 - 322.

- Kilen, T. C. and R. H. Andrew (1969). Measurement of drought resistance in corn. Agron. J. 61: 669 - 672.

- Kizkham, M. B.; K. Suksayratrup; C. E. Wasson and E. T. Kanemasu (1984). Canopy temperature of drought - resistant and drought sensitive genotypes of maize. Maydica (Italy) 29 (3): 287 - 303.

- Klueva, N. Y.; E. Maestri; N. Marmiroli and H. T. Nguyen, (2001). Mechanisms of thermotolerance in crops. In: A. S. Basra (Ed.).Crop Responses and Adaptations to Temperature Stress. Food Products Press, Binghamton, NY, pp. 177 - 217.

- Knudson, L. L.; T. W. Tibbits and G. E. Edwards (1977). Measurement of ozone injury by determination of leaf chlorophyll concentration. Plant Physiol. 60: 606 - 08.

- Kobata, T.; J. A. Palta and N. C. Turner (1992). Rate of development of postanthesis water dificits and grain filling of spring wheat. Crop Sci. 32 : 1238 - 1242.

- Kokhmetora, A. and G. Sarieva (2002). Relationship between yield stability, drought resistance and physiological parameters in wheat. 12th Australasian Plant Breed. Conf., Perth, Western Australia, 15 - 20th September p. 186.

- Komarenko, N. I.; D. F. Protsenko and A. A. Okanenko (1979). Effect of high temperatures on the lipid complex of winter whea. Fiziol. i Biokim. Kultur. Rastenii 11 : 29 - 34.

- Kopke, U. (1979). Ein Vergleich von Feldmethoden zur Bestimmung des Wurzelwachstums bei Landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Diss. Agric. Göttingen.

- Kress, L. W.; J. E. Miller and H. J. Smith (1985). Impact of ozone on winter wheat yield. Environ.and Exptl. Bot. 25: 211 - 28.

- Kristin, A. S.; R. R. Serna; F. I. Perez; B. C. Enriquez; J. A. A. Gallegos; P. R.

Vallejo; N. Wassimi, and J. D. Kelly (1997). Improving common bean performance under drought stress. Crop Sci. 37: 51 - 60.

- Kumar, D. and S. Gaur (2003). Cowpea germplasm with multi stress tolerance potential identified for arid situations. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan, 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 174.

- Kumar, S. and S. S. Sharma (2003). Stomatal movements as affected by heavy metal stress in *Vicia faba*. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol. Jan. 8 - 12, 2003 New Delhi, India p. 618.

- Kumar, N.; A. S. Nandwal and V. S. Lather (2003 a). Studies on dry matter distribution, harvest index and yield variation in different genotypes of *Cicer arietinum* L. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan. 8 - 12, New Delhi, India, p. 208.

- Kumar, V.; M. D. Gohil and U. G. Patel (2003 b). Moisture stress in cotton: Screening criteria for tolerance. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 187.

- Kumar, J.; S. Kumar; S. S. Yadav; N. C. Turner; J. Berger; K. Siddique; P. S. Deshmukh; S. R. Kushwaha and M. Ali (2003c). Influence of moisture stress on quantitative characters in chickpea. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan, 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 253.

- Kumari, M.; S. Dass; Y. Vimala and P. Arora (2003). Physiological parameters governing drought tolerance in maize (*Zea mays* L.). Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 158.

- Kushwaha, S. R.; P. S. Deshmukh and T. P. Singh (2003). Studies on drought tolerance in chickpea-physiological traits, yield and yield components. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 221.

- Lage, M.; P. A. Counce and A. Bamouh (2004). Response of rice (*Oryza sativa* L.) to water stress: Developmental differences in leaf and root abscisic acid concentrations,

water status and relationship to grain yield. Abstr.: The International Conference on Advanced Rice Research, 21 - 23 September, 2004, Alexandria, Egypt, p. 57 - 58.

- Lambrides C.; S. Chapman and R. Shorter (2002). Selection for enhanced drought tolerance in sunflower using models, multi - environment trials and molecular markers. 12th Australasian Plant Breed. Conf., Perth, Western Australia, 15 - 20th September, p. 78.

- Langer, S. K.; J. Frey and T. Bailey (1979). Associations among productivity, production response and stability indexes in oat varieties. Euphytica 28 : 17 - 24.

- Lashermes; P.; G. Engin and G. Ortiz - Ferrara (1991). Anther culture of wheat (*Triticum aestivum*) adapted to dry areas of West Asia and North Africa. J. Genet. & Breed. 45: 33 - 38.

- Lee, E. H. (1991). Chlorophyll fluorescence as an indicator to detect differential tolerance of snap bean cultivars in response to O_3 stress. Taiwania 36 : 220 - 34.

- Lee, J. H. and F. Schöffl (1996). An *Hsp 70* antisense gene affects the expression of *HSP 70/ HSC 70*, the regulation of HSF, and the acquisition of thermotolerance in transgenic *Arabidopsis thaliana*. Mol. Gen. Genet. 252: 11 - 19.

- Lee G. J. and E. Vierling (2000). A small heat shock protein cooperates with heat shock protein 70 systems to reactivate a heat - denatured protein. Plant Physiol. 122 : 189 - 198.

- Leilah, A. A.; S. A. Al-Khateeb, S. S. Al-Thabet and K. M. Al-Barrak (2003). Response of some canola (*Brassica napus*, L.) genotypes to nitrogen fertilizer levels. Egypt. J. Appl. Sci. 18 (3 B): 527 - 537.

- Lemcoff, J. H.; F. Ling and P. M. Neumann (2003). Increased resistance to radial shrinkage: An overlooked adaptation to water stress. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiology. Jan 8 - 12, 2003, New Delhi, India P. 233.

- Levitt, J. (1972). Responses of plants to environmental stresses. First ed., Academic press, New York.

- Levitt, J., (1980). Responses of plants to environmental stresses. Vol. 1. Chilling, freezing, and high temperature stresses. Academic Press, Orlando, FL.

- Lin, C. S. and M. R. Binns (1988). A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. Can. J. Plant Sci. 68 : 193 - 198.

- Liu, J; Q. Zhu; Z. Zhang; J. Xu; J. Yang; M. H. Wong (2004). Variations in cadmium accumulation among rice cultivars and types and the selection of cultivars for reducing cadmium in the diet. (Computer Res.) Ming H Wong (mhwong @ hkbu, edu. hk; ccplab @ yzu. edu. cn).

- Löpez, Y.; O. D. Smith; S. A. Senseman and W. L. Rooney (2000). Genetic factors influencing high oleic acid content in Spanish market - type peanut cultivars. Crop Sci. 41 : 51 - 56.

- Ludlow, M. M.; S. Fukai and J. M. Santamaria (1990). Contribution of osmotic adjustment to grain yield in *Sorghum bicolor* (L.) Moench under water limited conditions, 2. Water stress after anthesis. Australian Journal of Agricultural Research (Australia). 41 (1): 67 - 78.

- Luo, L; T. Sun, and Y. Jin (1998). Effects of cadmium stress on lipid peroxidation in wheat leaves. China Environ. Sci. 18 (1): 72 - 75.

- Lynch, P. L. and K. J. Frey, (1993). Genetic improvement in agronomic and physiological traits of oat since 1914. Crop Sci. 33: 984 - 988.

- Mackill, D. J (1982). Studies on the mechanism and genetics of high temperature tolerance in rice. Dissert Abstr. Int. B. 42 : 4049 B.

- Mackill, D. J.; W. R. Coffman and J. N. Rutger (1982). Pollen shedding and combining ability for high temperature tolerance in rice. Crop Sci. 22 : 730 - 33.

- Madamanchi, N. R. and R. G. Alscher (1991). Metabolic basis for differences in sensitivity of tow pea cultivars to sulphur dioxide. Plant Physiol. 97: 83 - 88.

- Madhava, H. B.; M. S. Sheshshayee; R. Devendra; T. G. Prasad; M. Udayakumar

(2003). Oxygen isotope enrichment accurately reflects variability in transpiration rate and can be adopted to identify high growth types in plants. Abstr: 2nd International Cong. of Plant Physiol; Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 267.

- Madkour, S. A (1998). Defence mechanisms against ozone injury in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Mansoura Univ.,23 (7): 3203 - 3225.

- Madkour, M. A.; S. E. Ibrahim; H. I. El-Kassas and S. Y. Salem (2003). Phyto and bio - remediation of soil and water polluted with heavy metals. Egypt. J. Appl. Sci. 18 (3 B): 694 - 712.

- Mahgoub, E. M. I.; S. M. Abd - El-Sayyed and A. Al-Refaey (1998). A general approach for assessing the environmental hazards of heavy metals in higher plants. Zagazig J. Agric Res. 25 (3): 399 - 410.

- Mahgoub, G. M. A.; K. I. Khalifa; M. S. Soliman and A. M. Shehata (2001). Selection for drought tolerance in some temperate and subtropical maize populations. Egypt. J. Plant Breed. 5 : 77 - 91.

- Makhlouf, A.; Y. Mabrouk; M. El-Saied and M. Mahdy (2002). In vitro selection for drought tolerance in sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Moench: Callus and regeneration evaluation of selected genotypes. Alex. J. Agric Res. 47 (1): 77 - 88.

- Malhotra, S.S. and S. K. Sarkar (1979). Effects of sulphur dioxide on sulphur and free amino acid content of pine seedlings. Plant Physiol. 47 : 223 - 28.

- Malik, T. A. and D. Wright (1995). Genetics of some drought resistant traits in wheat. Pakistan Journal of Agricultural Sciences. 32 (4): 256 - 261.

- Malik, T. A.; D. Wright and D. S. Virk (1999). Inheritance of net photosynthesis and transpiration efficiency in spring wheat, *Triticum aestivum* L., under drought. Plant Breeding. 118 (1): 93 - 95.

- Mane, S. P.; H. E. Shashidhar, A. Kanbar and S. Hittalmani (2003). Molecular marker analysis for root length in a diverse germplasm of rice (*Oryza sativa* L.). Indian J. Genet. 63 : 197 - 201.

- Mao, C. X. (1984). Inheritance of root characters in crosses among deep rooted and shallow-rooted rice varieties. MS Thesis, University of the Philippines at Los Banos. Los Banos, Philippines. 111 p.

- Martineau, J. R.; J. E. Sepcht; J. H. Williams and C. Y. Sullivan (1979). Temperature tolerance in soybeans. I. Evaluation of technique for assessing cellular membrance thermostability. Crop Sci. 19 : 75 - 78.

- Mastrangelo, A. M.; A. Rascio; L. Mazzucco; M. Russo; L. Cattivelli and N. di. Fonzo (2000). Molecular aspects of abiotic stress resistance in durum wheat. Options Mediterraneanes. Serie A., Seminaires Mediterraneans 40: 207 - 213.

- Matthews, R. B.; S. N. Azam - Ali and J. M. Peacock (1990). Response of four sorghum lines to mid - season drought. II. Leaf characteristics. Field Crops Research. 5 : 3 - 4, 297 - 308.

- Mckenzie, H. (1971). Inheritance of subcrown inter - node length in four spring wheat cultivars. Can. J. Plant Sci. 5. 133 - 141.

- Mebrahtu, T. and W. Mersie (1992). Response of vegetable - type soybean genotypes to acute ozone injury exposure. Soybean Genetic Newsl. 19 : 128 - 30.

- Mebrahtu, T. and W. Mersie (1999). Genetic variability for ozone insensitivity in vegetable type soybean. J. of New Seeds, 1 (2): 11 - 23.

- Mebrahtu, T.; W. Mersie and M. Rangappa (1990a). Generation mean analysis of inheritance of insensitivity to ozone injury in two crosses of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Hort. Sci. 65 : 19 - 24.

- Mebrahtu, T.; W. Mersie and M. Rangappa (1990b). A seven - parental diallel analysis of ozone insensitivity in common beans. J. Genet. Breed. 44 (2): 69 - 74.

- Mendham, N. J.; P. A. Shipway and R. K. Scoti (1981). The effects of delayed sowing and weather on growth, development and yield of winter oil seed rape (*Brassica napus*). J. of Agric. Sci., Cambridge 96 : 389 - 416.

- Miskin, K. E.; D. C. Rasmusson (1970). Frequency and distribution of stomata in barley. Crop Sci. 10 : 575 - 78.

- Moffatt, J. M.; R. G. Sears and G. M. Paulsen (1990 a). Wheat high temperature tolerance during reproductive growth. I. Evaluation by chlorophyll fluorescence. Crop Sci. 30 : 881 - 885.

- Moffatt, J. M.; R. G. Sears, T. S. Cox and G. M. Paulsen. (1990b). Wheat high temperature tolerance during reproductive growth. II. Genetic analysis of chlorophyll fluorescence. Crop Sci 30: 886 - 889.

- Mohamed, M. A. (1976). Effect of soil moisture stress on photosynthetic efficiency, growth and grain quality of wheat. M. Sci., Thesis, Fac. Agric., Ain Shams Univ., Egypt.

- Mohamed, M. F. (2003). Yield, physiological and biochemical assessments of drought responses in some tepary bean lines (*Phaseolus acutifolius*). Assiut. Univ. Bull Environ. Res 6 (2): 65 - 85.

- Mohammady, S. D.; K. Moore and J. Ollerenshaw (2003). F_2 monosomic analysis of water stress induced apical sterility in wheat (*Triticum aestivum* L.). 12th Australasian Plant Breed. Conf., Perth, Western Australia 15 - 20th September p. 181.

- Mokhtar, T. S. M. (2003). Effect of some agronomic practices on faba bean under newly cultivated lands. M. Sci. Thesis, Agron. Dept. Fac. of Agric. Zagazig Univ., Egypt.

- More, S. R. and B. L. Lad (2003). Effect of soil moisture stress and potassium levels on growth and yield of maize (*Zea mays* L.). Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 183.

- Morgan, J. M. (1977). Changes in diffusive conductance and water potential of wheat plants before and after antheisis. Aust. J. Plant Physiol. 4 : 75 - 86.

- Morgan, J. M.; R. A. Hare and R. J. Fletcher (1986). Genetic variation in

osmorégulation in bread and durum wheats and its relationship to grain yield of field environments. Aust. J. Agric. Res 37: 61 - 70.

- Moore, K. M. and D. A. Knauft (1989). Inheritance of high oleic acid in peanut. J. Heredity 80 : 252 - 253.

- Mostafa, M. Mostafa (2001a). Nutrition and productivity of broad bean plant as affected by quality and source of irrigation water. Zagazig J. Agric. Res. 28 (3): 517 - 532.

- Mostafa, M. S. A. (2001b). The stay - green trait as an indicaion of drought tolerance in grain sorghum. Egypt. J. Plant Breed. 5 : 105 - 116.

- Moursi, A. M. (1997). Studies on drought tolerance in maize. M. Sc. Thesis, Agron. Dept. Fac. of Agric. Zagazig Univ. Egypt.

- Moursi, A. M. (2003). Performance of grain yield for some wheat genotypes under stress by chemical desiccation. Ph. D. Agron. Dept. Fac. of Agric. Zagazig Univ., Egypt.

- Mousa, I. A. I.; E. A. Dorgham and E. A. Abdelatif (1998). Contamination of roadside soil and plant with lead from automotive exhaust gases. Zagazig J. Agric. Res. 25 (5): 851 - 860.

- Moussa, A. M. and H. H. Abdel-Maksoud (2004). Effect of soil moisture regime on yield and its components and water use efficiency for some wheat cultivars. Annals Agric. Sci., Ain Shams Univ., Cairo 49 (2): 515 - 530.

- Munoz, P.; J. Votas; J. L. Araus; E. Igartua and I. Romagosa (1998). Changes over time in the adaptation of barley releases in northeastern Spain. Plant Breed 117 : 531 - 535.

- Murdoch, C. L.; R. A. Criley and S. K. Fukuda (1974). An inexpensive method for the study of root growth containers of solid media. Hortscience 9: 221.

- Nadaradjan, S.; S. M. Impa; M. S. Sheshshayee; P. Boominathan; H. Bindumadhava;

N. P. Saxena; T. G. Prasad and M. Udayakumar (2003). Molecular markers tightly linked with $\Delta^{13}C$ and $\Delta^{18}O$ in rice doubled - haploid lines. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 197.

- Narayan, D. (1991). Root growth and productivity of wheat cultivars under different soil moisture conditions. International Journal Ecology and Environmental Sciences 17 (1): 19 - 26.

- Narayan, D. and R. D. Misra (1989). Free proline accumulation and water - stress resistance in bread wheat (*Triticum aestivum*) and durum wheat (*T. durum*). Indian J Agric. Sci. 59 (3): 176 - 178.

- Natu, P. S.; M. Savitha; S. Babu and M. Udayakumar (2003). Heat shock response of wheat cultivars differing in thermotolerance. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol. Jan, 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 246.

- Nautival, P. C. and Y. C. Joshi (2003). Carbon discrimination and exchange rate, and partitioning of dry matter under natural and simulated drought conditions in groundnut. Abstr.. 2nd International Cong of Plant Physiol., Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 164.

- Nayeem, K. A. and R. C. Mahajan (2003). Genetics of yield and drought tolerance in maize (*Zea mays* L.); Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol. Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India p. 165.

- Nayeem, K. A. and Y. S. Nerkar (1988). Association of drought and heat tolerance parameters in wheat. Indian J. Genet., 48 (3): 371 - 376.

- Nicolas, M. E. and N. C. Turner (1993). Use of chemical desiccants and senescing agents to select wheat lines maintaining stable grain size during post - anthesis drought. Field Crops Res. 31: 155 - 171.

- Nieto - Sotelo, J. (1989). The heat shock responses in maize; biochemical and molecular studies. Dissert. Abstr. Int., B. Sci. Engin., 50 (1): 32 B.

- Ninganur, B. T.; B. S. Janagoudar and B. C. Patil (2003). Genotypic variability for water use efficiency and biophysical parameters in cotton. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol. Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 251.

- Noji, M; M. Saito; M. Nakamura; M. Aono; H. Saji and K. Saito (2001). Cysteine synthase overexpression in tobacco conferes tolerance to containing environmental pollutants. Plant Physiology 126 (3): 973 - 980.

- Okanenko, A. A.; N. U. Taran and N. N. Musienko (1991). Content of sulpholipids in the chloroplasts as a diagnostic index of heat and drought resistance in winter wheat. Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya No. 1 : 132 - 138.

- O'Mahony, P., J. J. Burke, and M. J. Oliver, (2000). Identification of acquired thermotolerance deficiency within the ditelosomic series of "Chinese Spring" wheat. Plant Physiol. Biochem. 38 : 243 - 252.

- Omar, S. A.; S. A. N. Afiah; A. I. Hassan and N. M. M. Moselhy (2004). Genotype - environment interaction for some exotic chickpea genotypes. J. Agric. Sci. Mansoura Univ. 29 (10): 5443 - 5453.

- Omara, M. K. and M. Y. Hussain (1988). Genetic control of stomatal frequency in early maturing barley and its association with grain yield under moisture stress. Assiut J. Agric. Sci. 19 (5): 51 - 65.

- Oosteron, E. J.-van; R. Jayachandran and F. R. Bidinger (1996). Diallel analysis of the stay-green trait and its components in sorghum. Crop-Sci. 36 (3): 549 - 555.

- Oppenheimer, H. R. (1960). Adaptation to drought: Xerophytism. Plant Water Relationships in Arid and Semi-Arid Conditions. Reviews of Research. UNESCO, Paris.

- O'Regan, B. P.; W. A. Cress and J. Van-Staden (1993). Root growth, water relations, abscisic acid and proline level of drought resistant and drought sensitive maize cultivars in response to water stress. South African Journal of Botany 59 (1): 98 - 104.

- Ormrod, D. P.; V. J. Black and M. H. Unsworth (1981). Depression of net photosynthesis in *Vicia faba* L. exposed to sulphur dioxide and ozone. Nature, U. K. 291 (5816): 585 - 86.

- Ortiz Ferrara, G.; D. Mulitze and S. K. Yau (1991). Bread wheat breeding for tolerance to thermal stresses occurring in West Asia and North Africa. In pages 267 - 281. Improvement of Wheat Cereals under Temperature, Drought and Salinity Stresses. Proceed. of the International Symposium, October 26 - 29, 1987, Cordoba, Spain.

- O'Toole, J. C. and T. T Chang (1979). Drought resistance in cereals - rice: A case study. Stress Physiology in Crop Plants, H. Mussell and R. C. Staples (eds.), John Wiley and Sons, New York.

- O'Toole, J. C. and Soemartono (1981). Evaluation of a simple technique for characterizing rice root systems in relation to drought resistance. Euphytica 30: 283 - 290.

- O'Toole, J. C., R. T. Gruz, and J. N. Seiber (1979). Epicuticular wax and cuticular resistance in rice. Physiol. Plant. 47: 239 - 244,

- Ovington, J. D. and G. Murray (1968). Seasonal periodicity of root growth of brich trees. In: Methods of Productivity Studies in Root Systems and Rhizosphere Organisms. Int. Symp. USSR, td. by USSR Academy of Sciences, Leningrad: Nauka, 1968, pp. 146 - 154.

- Padmaja, N. and J. Jayaraman (2003). Effect of salicylic acid in the activation of phenylalanine ammonia lyase, peroxidase and its isozymes in cotton cultivars. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiology., Jan 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 425.

- Paleg. L. G.; T. J. Douglas; A - Van Daal and D. B. Keech (1981). Proline, betaine and other organic solutes protect enzymes against heat inactivation. Australian Journal of Plant Physiology 8: 107 - 14.

- Palta, J. A.; N. C. Turner and R. J. French (2002). Genotypic variation in yield ol narrow - leafed lupine under terminal drought. Abstr.: 12th Australasian Plant Breed Conf. Perth, Western Australia 15 - 20th September p. 173.

- Palta, J. A.; T. Kobata; N. C. Turner and I. R Fillery (1994). Remobilization of carbor and nitrogen in wheat as influenced by postanthesis water deficit. Crop Sci. 34 : 118 - 124.

- Pandey, R. and R. M. Agarwal (2003). Osmotic stress-induced alterations in rice (*Oryza sativa* L. Var "Kranti") and recovery on stress release. Abstr.: 2nd Internationa Cong. of Plant Physiol. Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 182.

- Pandolfini, T. ; R. Gabbrielli and C. Comparini (1992). Nickel toxicity and peroxidase activity in seedling of *Triticum aestivum* L. Plant, Cell and Environment 15: 719 - 725.

- Parker, J (1968) . Drought resistance mechanisms. Water Deficits and Plant Growth T. T. Kozlowski (ed.), Vol. I, pp. 195 - 234, Academic Press, New York.

- Parsons. L. R. (1979). Breeding for drought resistance: what plant characteristics impart resistanc?. Hortscience 14 : 590 - 593.

- Passioura, J. B. (1983). Roots and drought resistance. Agric. Water Manage. 7, 265.

- Patel, U. G and V. Kumar (2003). Developing cotton varieties for adaptation tc moisture deficient situation. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 187.

- Patil, K. D; Prabhakar and S. S. Rao (2003). Evaluation and selection of rabi sorghum germplasm for drought adaptation traits. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, p. 164.

- Paulsen, G. M., (1994). Hight temperature responses of crop plants. In: K. J. Boote; I. M. Bennet; T. R. Sinclair and G.M. Paulsen (Eds.), Physiology and Determination of Crop Yield, pp. 365 - 389. American Society of Agronomy. Madison. WI.

- Pavgi, S.; M. Farooq; C. Venilateshwar and M. U. Beg (1991). Physiology and biochemical effect of sulphur dioxide on wheat varieties. Environ. & Ecol. 9: 760 - 65.

- Pawar, K. N.; S. Jahagirdar; B. D. Biradar; D. I. Jirali and S. S. Rao (2003). Performance of rabi sorghum genotypes for drought tolerance and stalk rot resistance as governed by their physiological traits in northern rabi tract of karnataka. Abstr.. 2nd International Cong. of Plant Physiol. Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 190.

- Pecetti, L. and P. Annicchiarico, (1998). Agronomic value and plant type of Italian durum wheat cultivars from different eras of breeding. Euphytica 99: 9 - 15.

- Peiser, G. D. and S. F. Yang (1979). Ethylene and ethane production from sulphur dioxide injured plants. Plant Physiol. 63: 142 - 45.

- Pell, E. J. and N. S. Pearson (1983). Ozone-induced reduction in quantity of ribulose - 1, 5 - biphosphate carboxylase in alfalfa foliage. Plant Physiol. 73: 185 - 87.

- Penner, G. A; J. Clarke; L. J. Bezte and D. Leisle (1995). Identification of RAPD markers linked to a gene governing cadmium uptake in durum wheat. Genome 38: 543 - 547.

- Perumal, N. K. and M. Chakrabarty (2003). Studies on drought tolerance during flowering in cotton. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 214.

- Peters, R. W. and L. Shem (1992). Using of chelating agents for remediation of heavy metal contaminated soil. In: G. F. Vandegrift; D. T. Reed and I. R. Tasker. Environmental Remediation Removing Organic and Metal Ion Pollutants, Chapter 6 p 70 - 84, Amer Chem. Soc. Washington, DC.

- Picon, R. L. and J. L. Rodriguez (1990). Physiological behaviour of maize and sorghum in field and green house, under irrigation and drought. Agrociencia (Mexico). Serie Fitociencia. 1 (2): 95 - 119.

- Pittman, U. J. (1962). Growth reaction and magnetotropism in roots of winter wheat (Kharkov 22 M. C.). Can. J. Pant Sci. 42: 430 - 436.

- Poehlman, J. M and D. A. Sleper (1996). Breeding Field Crops. 1[st] edition, Iowa State Univ., Press, Ames. Iowo 50014.

- Poornima, R.; B. V. Padmanabha; A. G. Shankar and M. Udayakumar (2003). Role of ferritin and glycine betaine in oxidative stress tolerance: A transgenic approach. Abstr.: International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 264.

- Potkile, N. N.; S. N. Potkile and R. D. Deotale (1999). effect of cement dust pollution on yield and tolerance index in soybean. Advances in Plant Sci. Res. in India 10: 7 - 11.

- Prakash, P. and M. C. Ghildiyal (2003). High temperature effect on starch synthase activity in relation to grain growth in wheat cultivars. Abstr.: 2[nd] International Congress of Plant Physiology, Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 66.

- Preczewski, P. J., S. A., Heckathorn, C. A. Downs, and J. S. Coleman, (2000). Photosynthetic thermotolerance is quantitatively and positively correlated with production of specific heat-shock proteins among nine genotypes of *lycopersicon* (tomato). Photosynthetica 38: 127 - 134.

- Provilaitis, B. (1967). Gene effects for tolerance to weather fleck in tobacco. Can. J. Genet. Cytol. 9: 329 - 34.

- Purvis, A. C. (1978). Differential effects of ozone on in vitro nitrate reduction in soybean cultivars. I. Response to exogenous sugar. Can. J. Bot. 56: 1540 - 44.

- Qadir, S; M. I. Qureshi; S. Jabvd and M. Z. Abdin (2004). Phenotypic variation in phytoremediation potential of *Brassica juncea* cultivars exposed to Cd stress. Plant Sci. 167 (5) : 1171 - 1181.

- Quarrie, S. A. and H. G. Jones (1979). Genotypic variation in leaf water potential,

stomatal conductance and abscisic acid concentration in spring wheat subjected to artificial drought stress. Ann. Bot 44: 323 - 332.

- Quizenberry, J. E. (1982). Breeding for drought resistance and plant water use efficiency. In: M. N. Christiansen and C. F. Lewis "Breeding plants for less favorable environments, pp. 193 - 212. John Wiley & Sons Inc.

- Quizenberry, J. E. and B. Roark (1976). Influence of indeterminate growth habit on yield and irrigation water-use efficiency in upland cotton. Crop Sci. 16: 762 - 764.

- Rachaputi, N.; G. Wright; A. Cruickshank and S. Chandra (2002). Early generation index selection improves transpiration efficiency in peanut. 12th Australasian Plant Breed. Conf., Perth, Western Australia 15 - 20th September, p. 96.

- Raghuram, N. (2003). Are G. protein pathways involved in metabolic regulation in higher plants. Abstr.: 2nd International Congress of Plant Physiology, Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India p. 419.

- Rajaram, S.; H. J. Braun and M. Van Ginkel (1996). CIMMYT's approach to breed for drought tolerance. Euphytica 92: 147 - 153.

- Ramadan, A. M (2003). Studies on bioremediation of soils and plants: 4 - Micronutrients distribution in saflower plant organs grown in soils under different treatments. Egypt. J. Appl. Sci. 18 (1): 386 - 396.

- Ramakrishnayya, G.; P. Swain and B. N.Singh (2003). Screening for vegetative stage drought tolerance in rice. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 236.

- Rane, J. (2003). Evaluation of advanced wheat accessions for high temperature tolerance. Abstr: 2nd International Cong. of Plant Physiol. Jan, 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 254.

- Rane, J. and H. Chauhan (2002). Variability in high temperature tolerance in wheat: use of polythene tunnels as a screening method. 12th Australasian Plant Breed. Conf., Perth, Western Australia, 15 - 20th September, p. 175.

- Rao, P. S. and R. D. Singh (2003). Differential synthesis of abscisic acid in two maize (*Zea mays* L.) inbreds under progressive moisture stress. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India p. 231.

- Rao, J. S. P.; G. T. R. Rao and K. Vijayalakshmi (2003). Effect of combined temperature and moisture stresses on physiological and biochemical parameters of grain legumes, Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 455.

- Rao, R. C. N.; J. H. Williams and M. Singh (1989). Genotypic sensitivity to drought and yield potential of peanut. Agron. J. 81 : 887 - 93.

- Raper, C. D. and S. A. Barber (1970). Rooting systems of soybeans. II. Physiological effectiveness of nutrient absorption surfaces. Agron. J. 62 : 585 - 588.

- Ravikumar, R. L.; B. S. Patil and P. M. Salimath (2003). Drought tolerance in sorghum by pollen selection using osmotic stress. Euphytica 133 : 371 - 376.

- Ravindra V.; P. C. Nautial and Y. C. Joshi (1990). Physiological analysis of drought resistance and yield in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Tropical Agric. 67 : 290 - 96.

- Reddy, P. V.; P. Sudhakar; D. Sujatha; B. V. Kumar (2003). Drought tolerance traits related to preharvest aflatoxin contamination in groundnut. Abstr.: 2nd International Congress of Plant Physiology Jan. 8 - 12, New Delhi, India, p. 261.

- Rekika, D.; M. M. Nachit; J. L. Araus and P. Monneveux (1998). Effects of water deficit on photosynthetic rate and osmotic adjustment in lentil. Photosynthetica 35 : 129 - 138.

- Richards, R. A. and J. B. Passioura (1981a). Seminal root morphology and water use of wheat. I, Environmental effects. Crop. Sci. 21: 249 - 252.

- Richards, R. A. and J. B. Passioura (1981b). Seminal root morphology and water use of wheat. II. Genetic variation. Crop. Sci. 21: 253 - 255.

- Rienert, R. A.; H. E. Heggestad and W. W. Heck (1982). Response and genetic modification of plants for tolerance to air pollution. pp. 259 - 92. In: M. N. Christiansen and C. F. Lewis (eds.). Breeding Plants for Marginal Environments. Wiley - Interscience, New York, NY, USA, pp. 459.

- Ristic, Z., G. P., Yang, B. Martin, and S. Fullerton, (1998). Evidence of association between specific heat-shock protein (s) and the drought and heat tolerance phenotype in maize. J. Plant Physiol. 153: 397 - 505.

- Ritchie, S. W.; H. T. Nguyen and A. S. Holaday (1990). Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105 - 111.

- Rhoads, A. F. and E. Brennan (1975). Ozone response of tobacco cultivars unrelated to root system characteristics. Phytopathology 65: 1239 - 41.

- Rodriquez - Gray, B. and J. R. Barrow (1988). Pollen selection for heat tolerance in cotton. Crop Sci. 28 : 857 - 59.

- Roitto, M.; U. Ahonen - Jonnarth; J. Lamppu and S. Huttunen (1999). Apoplastic and total peroxidase activities in scots pine needles at subarctic polluted sites. European J. of Forest Pathology 29 (6): 399 - 410.

- Rooney, W. L. and S. Aydin (1999). Genetic control of a photoperiod - sensitive response in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Crop Sci. 39: 397 - 400.

- Rosielle, A. A. and J. Hambling, (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21: 943 - 946.

- Roy, A. and N. Acharya (1981). Sensitivity of some modern rice varieties to high temperature at anthesis in the western districts of Orissa. India. Int. Rice. Res. Newsl. 6 (4): 9 - 10.

- Roy, N. N. and B. R. Murty (1970). Selection procedure in wheat for stress environment. Euphytica 19: 509.

- Rubio, M. I; I. Escrig; C. Martinez - Cortina; F. J Lopez - Benet and A. Sanz (1994) Cadmium and nickel accumulation in rice plants. Effects on mineral nutrition and possible interactions of abscisic and gibberellic acids. Plant Growth Regulation 1 (2): 151 - 157.

- Ruiz, O.; H. Hussein; N. Terry and H. Daniell (2003). Phytoremediation o organomercurial compounds via chloroplast genetic engineering. Plant Physiolog 122 (3): 1344 - 1352.

- Saadalla, M. M.; J. F. Shanahan and J. S. Quick (1990). Heat tolerance in winte wheat. I. Hardening and genetic effects on membrane thermostability. Crop Sci. 30 1243 - 1247.

- Sairam, R. K.; P. S. Deshmukh; D. S. Shukla and S. Ram (1990). Metabolic activity and grain yield under moisture stress in wheat genotypes. Indian J. Pl. Physiol. 33 226 - 231.

- Sairam, P. K.; P. S. Deshmukh and D. S. Shukla (1991). Effect of triadimefon and kintein on moisture - stress tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Indian J. Agric Sci. 61 (2): 102 - 166.

- Sairam, R. K.; G. C. Srivastava, S. Agarwal; P. S. Deshmukh and R. C. Meena (2003) Plant antioxidant systems: Defence against multiple abiotic stresses. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 148.

- Salem, A. H and Nadia H. Kamel (1996). Increasing drought tolerance in wheat plants. In: 5th International wheat Cong., June 10 - 14, Ankara, Turkey p. 210.

- Salem, A. H.; M. M. Eissa; A. H. Bassyoni; H. A. Awaad and A. M. Moursi (2003) The genetic system controlling some physiological characters and grain yield in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Zagazig J. Agric. Res. 30 (1): 51 - 70.

- Salter, P. J. and J. E. Goode (1967). Crop responses to water at different stages of growth. Res. Rew. No. 2, Commonwealth Agric. Bureaux.

- Sammons, O. J. (1978). Screening soybeans (*Glycine max* L. Merrill) for drought resistance, and preliminary studies on soybeans inheritance under drought stress. Diss. Abstr. Int. B. 39: 2060 B.

- Sand, S. A. (1960). Weather fleck in shade tobacco as a problem of interaction between genes and environment. Tobacco Sci. 4: 137 - 46.

- Sapra, V. T.; E. Savage; A. O. Anaele and C. A. Beyl (1991). Varietal differences of wheat and triticale to water stress. J. Agron. & Crop Sci. 167: 23 - 28.

- Satake, T. and S. Yoshida (1978). High temperature induced sterility in indica rices at flowering. Jap. J. Crop. Sci. 47: 6 - 17.

- Saulescu, N. N.; W. E. Kronstad and D. N. Moss (1995). Detection of genotypic differences in early growth responses to water stress in wheat using the snow and tingey system. Crop Sci. 35 : 928 - 931.

- Saurer, M.; J. Fuhrer and U. Siegenthaler (1991). Influence of ozone on the stable carbon isotope composition, $\delta^{13}C$, of leaves and grain of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Physiol. 97: 313 - 16.

- Schonfeld, M. A.; R. C. Johnson; B. F. Carver and D. W. Mornhinweg (1988). Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. Crop Sci. 28: 526 - 531.

- Schreiber, U. (1983). Chlorophyll fluorescence yield changes as a tool in plant physiology. 1. The measuring system. Photosyn. Res. 4 : 361 - 373.

- Schurr, U.; T. Gollan and E. D. Schulze (1992). Stomatal response to drying soil in relation to changes in the xylem sap composition of *Helianthus annuus*. II Stomatal sensitivity to abscisic acid imported from the xylem sap. Plant Cell Environ. 15: 561 - 567.

- Schuurman, J. J. and M. A. J. Goedewaagen (1971). Methods for the examinations of root systems and roots. Wageningen: Pudoc 2nd Ed.

- Second, G. (1982). Origin and genetic diversity of cultivated rice (*Oryza sativa*): Study of polymorphism scored at 40 isozyme loci. Jpn. J. Genet. 57: 25 - 57.

- Shahal Abbo; N. C. Turner; R. J. French and J. Berger (2002). Breeding for osmotic adjustment in chickpea (*Cicer arietinum* L.). 21th Australasian Plant Breed. Conf., Perth, Western Australia, 15 - 20th September, p. 83.

- Shangguan, Z. P. and B. Y. Chen (1991). Growth and physiological responses to soil drought in wheat. Shaanxi J. Agric. Sci., 1: 8 - 9 (C. F. Field Crop Abstr., No. 44: 7919).

- Shanahan, J. B.; I. B. Edwards; J. S. Quick; and J. R. Fenwik (1990). Membrane thermostability and heat tolerance of spring wheat. Crop Sci. 30 : 247 - 251.

- Shanker, A.; R. Sudhagar and G. Pathmanabhan (2003). Growth, phytochelatin SH and antioxidative response of sunflower as affected by chromium speciation. Abstr.: International Cong. of Plant Physiology Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 195.

- Shanker, A; M. Djanaguiraman; R. Sudhagar; K. Jayaram and Q. Pathmanabhan (2004). Expression of metallothionein 3 - like protein mRNA in sorghum cultivars under chromium (VI) stress. Current Sci. 86 (7): 901 - 902.

- Sharma, J. K. and S. K. Bhalla (1991). Heterosis in crosses among drought - tolerant inbred lines of maize (*Zea mays*). Indian Journal of Agricultural Sciences. 61 (8): 543 - 545.

- Sharmila, P. and P. P. Saradhi (2003). Potential application of metabolic engineering for manipulating compatible solute production to enhance tolerance of crop plants to osmotic stress. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 451.

- Shashidhar, G.; M. S. Sheshshayee; A. G. Shankar; H. Bindumadhava; S. Nadaradjan; T. G. Prasad and M. Udayakumar (2003). Genetic variability in water use efficiency and transpiration rate based on stable isotope approach among diverse groundnut germplasm lines. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol. Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 267.

- Shawky, A.; A. Fayed; M. Y. Heakel; R. Dhindsa and A. Mansour (2005). The existence and regulation of heat - responsive HSP27 and MAPAPK2 proteins in tobacco cells. Zagazig J. Agric. Res. 32 (2): 491 - 499.

- Shelepina, G. A.; V. D. Turkov; E. A. Rashkovan; E. R. Naaushyan and P. L. Kaisedo (1981). Aneuploidy in crop plants caused by environmental pollution with industrial waste. pp. 84 - 85. In: Ekol. Genet. Rast. i zhivothykh Tez. dokl. Vses Konf, I Kishnimev, Moldavian, SSR.

- Shevchenko, A. V.; I. G. Budzanivska; T. P. Shevchenko; V. P. Polischuk; V. Taborsky; J. Polak; A. Lebeda and V. Kudela (2002). Stress caused by plant virus infection in presence of heavy metals. Plant Protection Sci. 38 (2): 455 - 457.

- Siddíque, K. H. M.; E. J. M. Kirby and M. W. Perry, (1989). Ear to stem ratio in old and modern wheats: Relationship with improvement in number of grains per ear and yield. Field Crops Res. 21 : 59 - 78.

- Siddique, K. H. M; D. Tennant; M. W. Perry and R. K. Belford (1990). Water use and water use efficiency of old and modern wheat cultivars in Mediterranean type environment. Aust. J. Agric. Res. (41): 431 - 47.

- Simon, M. R. (1999). Inheritance of flag leaf angle, flag leaf area and flag leaf duration in four wheat crosses. Theor. Appl. Genet. 98 : 310 - 314.

- Shin Taketa; C. L. Chang; M. Ishii and K. Takeda (2002). Chromosome arm location of the gene controlling leaf pubescence of a Chinese local wheat cultivar "Hong - Mang - mai". Euphytica 125: 141 - 147.

- Singh, P. (2001). Essentials of Plant Breeding. Kalyan; Publishers, New Delhi, India.

- Singh, B. D. (2004). Plant Breeding, Principles and Methods. Kalyani Publishers, New Delhi, India.

- Singh, N. B. and Z. Ahmad (2003). Seedling vigour as an index for assessing terminal heat tolerance in wheat under irrigated late sown condition. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 173.

- Singh, R. D. and P. S. Rao (2003). Importance of morpho-physiological traits for drought tolerance in maize (*Zea mays* L.) under rainfed condition. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol. Jan, 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 230.

- Singh, P. and A. D. Sharma (2003). Studies on the effect of water stress on peptidyl prolyl cis - trans isomerase activity of drought tolerance and susceptible cultivars of sorghum. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 165.

- Singh, B. P. and G. Singh (2003). Response of rice (Stalico) genotypes to moisture stress for rainfed upland condition. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol. Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, P. 159.

- Singh, T. P.; P. S. Deshmukh and S. R. Kushwaha (2003a). Influence of high temperature and moisture content on growth development and yield of chickpea genotypes. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, P. 235.

- Singh, R. D.; R. N. Gadag; R. D. Singh; J. K. A. Kumar and R. P. Singh (2003b). Potential maize single cross hybrids suitable for limited water availability condition. Abstr.: 2nd. International Cong. of Plant Physiol. Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 255.

- Sinha, S. K. and R. Khanna (1975). Physiological, biochemical and genetic basis of heterosis. Advances in Agronomy 27: 132 - 174.

- Smillie, R. M. and G. C. Gibbons (1981). Heat tolerance and heat hardening in crop plants measured by chlorophyll fluorescence. Carlsberg Res. Commun. 46: 395 - 403.

- Smith, R. H. and S. Bhaskaran (1988). Sorghum cell culture: Somaclonal variation/ screening. Iowa State J. Res. 62: 571 - 85.

- Sobieh, S. El. S. S and A. I. Ragab (2005). Evaluation of induced gamma ray mutations in bread wheat tolerance to drought. Egyp. J. of Appl. Sci. 20 (7): 50 - 64.

- Sohn - Jaekeun; J. Lee; Y. Kwon; K. Yong; J. K. Sohn; J. J. Sohn; Y. S. Kwon and K. M. Kim (2002). Varietal differences and inheritance of resistance to ozone stress in rice (*Oryza sativa* L.). SABRAO J. of Breed. and Genet. 34 (2): 65 - 71.

- Soliman, A. M. (2004). Variability, heritability and genetic advance of agronomic characters in successive generations of forage sorghum. Egypt. J. Plant Breed. 8: 337 - 350.

- Southworth, J.; J. C., Randolph, M., Habeck, Dabeck, M., O. C., Doering, R. A., Pfeifer, D. G. Rao, and J. J. Johnston (2000). Consequences of future climate change and changing climate variability on maize yields in the midwestern United States. Agric. Ecosyst. Envir. 82 (SI): 139 - 158.

- Spehar, C. R. (1995). Genetic differences in the accumulation of mineral elements in seeds of tropical soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). Pesqusia - Agropecuaria - Brasileira 30: 89 - 94.

- Spiertz, J. H. J. and J. Vos. (1985). Grain growth of wheat and its limitation by carbohydrate and nitrogen supply. p. 129 - 141. In: W. Day and R. K. Atkin (ed.) Wheat growth and modelling. Plenum Press New York.

- Stewart, C. R. and G. Voetberg. (1985). Relationship between stressed - induced ABA and proline accumulations and ABA - induced proline accumulation in excised barley leaves. Plant Physiol. 79: 24 - 27.

- Stewart, C. R.; S. F. Boggess; D. Aspinall and L. G. Paleg (1977). Inhibition of proline oxidation by water stress. Plant Physiol. 59: 930 - 932.

- Stino, G. R. (1971). The xantopren method for studying different plant tissues. Res. Bull., Fac., Agric., Cairo Univ., Egypt.

- Stocker, O. (1956). Messmethoden der transpiration. Encyclopedia of Plant Physiology, Vol. 3, pp. 293 - 311. Springer - Verlag, OHG, Berlin.

- Stone P. J. and M. E. Nicolas (1998). The effect of duration of heat stress during grain

filling on two wheat varieties differing in heat tolerance: grain growth and fractional protein accumulation. Aust. J. Plant Physiol. 25: 13 - 20.

- Subrahmanyam, D.; N. Subash and Abdul-Haris (2003). Evaluation of drought tolerance traits in wheat. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India P. 242.

- Sudhakar, C.; P. C. Reddy and G. S. Ranganayakulu (2003). Expression of stress induced genes in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) under water stress. Abstr.: 2nd. International Cong. of Plant Physiol., Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 215.

- Sullivan, C. Y. (1971). Techniques for measuring plant drought stress. pp. 1 -18. In: Drought injury and resistance in crops. K. L. Larson and J. D. Eastin, Eds. Crop. Sci. Soc. Am. Spec. Publ. No. 2, Madison, Wisconsin.

- Sullivan, C. Y. (1972). Mechanisms of heat and drought resistance in grain sorghum and methods of measurements. pp. 247 - 264 In: Sorghum in Seventies, 1st ed. N. G. P. Rao and L. R. House, Eds. Oxford and India. Book House, New Delhi.

- Sun, Q. X. and R. Q. Xu (1998). Genetic control of tolerance to high temperature stress in wheat. In: A. E. Slinkard (Ed.), Proc. 9th Int. Wheat Genet. Symp. Vol.1, pp. 236 - 244. University Extension Press, Saskatoon. Canada.

- Sun, Q.; N. Zhongfu; L. Zhiyong; G. Jianwei and T. Huang (1998). Genetic relationships and diversity among Tibetan wheat, common wheat and European spelt wheat revealed by RAPD markers. Euphytica 99: 205 - 211.

- Sutka. J.; A. Vagujfalvi; B. Koszegi and G. Galiba (1997). Inheritance of frost resistance and drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section - B, Natural Sciences 51: 1 - 2, 33 - 38.

- Taghian, A. S. and A. Abo-Elwafa (2003). Multivariate and RAPD analyses of drought tolerance in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). Assuit. J. Agric. Sci. 34 (5): 1 - 22.

- Tai, G. C. C. (1971). Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. Crop Sci. 11: 184 - 190.

- Talwar, H. S.; S. Yanagihara and H. Takeda (2003). Proline level in floral parts and its role in protecting pollen from high temperature stress in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan, 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 161.

- Tanaka, K.; T. Machida and T. Sugimoto (1990). Ozone tolerance and glutathione reductase in tobacco cultivars. Agric. & Biol. Chem. 54: 1061 - 62.

- Tarrad, A. M.; M. A. Megahed and F. A. Abdo (2002). Effect of irrigation intervals on some physiological and yield traits of barley under sprinkler irrigation system. Zagazig J. Agric. Res. 29 (3): 877 - 890.

- Taylor, G. S. (1968). Ozone injury on Bel - W3 tobacco controlled by at least two genes. Phytopathology 58: 1069.

- Temple, P. J. (1990a). Growth form and yield responses of four cotton cultivars to ozone. Agron. J. 82: 1045 - 50.

- Temple, P. J. (1990b). Growth yield responses of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivars to ozone. Environmental and Experimental Botany 30: 283 - 91.

- Teshale, E. T.; S. Bansal; A. M. Vijaipal and V. K. Ehanna (2003). DNA Fingerprinting of wheat genotypes by RAPD markers. Wheat Information Service 96: 23 - 27.

- Tingey. D. T.; R. C. Fites and C. Wickliff (1973). Ozone alteration of nitrate reduction in soybean. Physiol. Plant 29: 33 - 38.

- Toorchi, M.; H. E. Shashidhar; S. Hittalmani and T. M. Gireesha (2002). Rice root morphology under contrasting moisture regimes and contribution of molecular marker heterozygosity. Euphytica 126: 251 - 257.

- Tripathi, R. D.; S. Mishra and E. Grill (2003). Role of phytochelatins in phytoremediation of toxic metal ions from the polluted environment. Abstr.: International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 293.

Tuberosa, R.; M. C. Sanguineti; P. Landi; S. Salvi; E. Casarini and S. Conti (1998). RFLP mapping of quantitative trait loci controlling abscisic acid concentration in leaves of drought - stressed maize (*Zea mays* L.). Theoretical and Applied Genetics. 97: 5 - 6, 744 - 755.

- Tuinstra, M. R.; E. M. Grote; P. B. Goldsbrough and G. Ejeta (1996). Identification of quantitative trait loci associated with pre-flowering drought tolerance in sorghum. Crop Sci. 36 (5): 1337 - 1344.

- Tuinstra, M. R.; E. M. Grote and P. B. Goldsbrought and G. Ejeta (1997). Genetic analysis of post - flowering drought tolerance and components of grain development in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Molecular Breeding. 3 (6): 439 - 448.

- Turner, N. C. (1979). Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. N "Stress Physilogy in Crop Plants" H. Mussell and R. C. Stables, eds. pp. 343 - 372. Wiley Interscience, New York.

- Turner, R. G. and G. Marshall (1972). The accumulation of zinc by subcellular fractions of roots of *Agrostis tenuis* Sibth. in relation to zinc tolerance. New Phytol. 71 : 671.

- Turner, N. C.; L. Leport; R. J. French; B. D. Thomson and K. H. M. Siddique (1996). Adaptation of cool - season pulses to water - limited environments. In "Proceedings of the 7th Australian Agronomy Conference, Toowoomba, Queensland, January 1996" pp. 554 - 557. Australian Society of Agronomy, Carlton.

- Tyagi, A.; A. Chandra and I. M. Santha (2003). Molecular characterization of rice genotypes in response to water stress by differential display. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol. Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 218.

- Uda, T.; T. Sato; H. Numa and M. Yano (2004). Delimination of the chromosomal region for a quantitative trait locus, qUVR - 10, conferring resistance to ultraviolet - B radiation in rice (*Oryza sativa* L.). Theor. Appl. Genet. 108: 385 - 391.

- Upreti, K. K and G. S. R. Murti (2003). Response of Frensh bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to water stress: Relationship between leaf growth and endogenous hormones. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol. Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 160.

- Varade, P. B.; B. M. Rao; R. D. Singh and B. Dutt (2003). ABA related changes in drought tolerant and intolerant inbreds of maize (*Zea mays* L.) under irrigated and rain fed conditions. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol. Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 184.

- Venkataramana, S.; T. Ramanujam and N. Balasundaram (2003). Photosynthesis and productivity of sugarcance genotypes under water stress. Abstr.: 2nd International Congress of Plant Physiology, Jan. 8 - 12, 2003, New Delhi, India p. 225.

- Venora, G. and F. Clcagno (1991). Study of stomatal parameters for selection of drought resistant varieties in wheat *Triticum durum* Desf. Euphytica 57 (3): 275 - 283.

- Venuprasad, R.; H. E. Shashidhar; S. Hittolmani and G. S. Hemamalini (2002). Tagging quantitative trait loci associated with grain yield and root morphological traits in rice (*Oryza sativa* L.) under contrasting moisture regimes. Euphytica 128: 293 - 300.

- Verduin, J. and W. E. Loomis (1944). Absorption of carbon dioxide by maize. Plant Physiol. 19: 278.

- Verma, M. and I. M. Santha (2003). Cloning of glycerol - 3 - phosphate acyltransferase gene from *Brassica juncea*. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol., Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, P. 472.

- Verma, V.; M. J. Foulkes; A. J. Worland, R. Sylvester - Bradley; P. D. S. Caligari and

J. W. Snape (2004). Mapping quantitative trait loci for flag leaf senescence as a yiel determinant in winter wheat under optimal and drought stressed environments Euphytica 13: 255 - 263.

Vites, F. G. Jr. (1965). Increasing water use efficiency by soil management. Amer Soc. Agron., Madison, Wise. P. 259 - 274.

Von Wettstein, K. P. (1972). Genetic control of beta-diketone and hydroxy - beta diketone synthesis in epicuticular waxes of barley. Planta 106, 113.

- Vyas, S. P.; S. Kathju; B. K. Garg and A. N. Lahiri (2003). Alleviation o hyperthermia effects by nitrogen in *Sesamum indicum*. Abstr.: 2nd International Cong of Plant Physiol. Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 166.

- Waddington. S. R.; J. K. Ranson; M. Osmanzai and D. A. Saunders, (1986) Improvement in the potential of bread wheat adapted to Northwest Mexico. Crop Sci 26: 698 - 703.

- Waines, J. G.; B. Ehdaie; D. R. Barnhart and A. A. Jaradat (1998). Location of genes conferring drought tolerance in rye and bread wheat. Triticeae III. Proceedings of the Third International Triticeae Symposium. Aleppo, Syria, 4 - 8 May 1997. 1998, 285 - 292.

- Walulu, R. S.; D. T. Rosenow; D. B. Wester and H. T. Nguyen (1994). Inheritance of the stay - green trait in sorghum. Crop Sc. 34: 970 - 972.

- Wang, W. C. and H. T. Nguyen (1989). Thermal stress evaluation of suspension cel cultures in winter wheat. Plant Cell Reports 8: 108 - 111.

- Wang, W.; T. Barak; B. Vinocur; O. Shoseyov and A. Altman (2003a). Biotechnology of plant tolerance to drought and salinity: An immediate challenge for food and forestry. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan 8 - 12, 2003, New Delhi, India, p. 7.

- Wang, Z. Z.; S. Z. Zhang; B. P. Yang and Y. R. Li (2003b). Trehalose synthase gene

transfer mediated by *Agrobacterium tumefaciens* enhances resistance to osmotic stress in sugarcane. Scientia Agricultura Sinica 36 (2): 140 - 146.

- Welch, R. M.; J. J. Hart; W. A. Norvell; L. A. Sullivan and L. V. Kochian (1999) Effects of nutrient solution zinc activity on net uptake, translocation and root export of cadmium and zinc by separated sections of intact durum wheat (*Triticum turgidum* L. var *durum*) seedling roots. Plant and Soil 208 (2): 243 - 250.

- Werenfels, L. (1967). Wurzelentwicklug einer Apfelunterlage in Abhängigkeit von der Bodenfeuchtigkeit. Berichte Schweiz. Bot. Ges. 77: 5 - 48.

- Wery, J.; S. N. Silim; E. J. Knights; R. S. Malhotra and R. Cousin (1994). Screening technique and sources of tolerance to extremes of moisture and air temperature in cool season. Euphytica 73: 73 - 83.

- Williams, T. V. (1966). The inheritance of drought tolerance in sweet corn. Diss. Abstr. Int. B. 27. Order No. 66 - 11, 222: 1688 - 9.

- Williams, J. G. K.; A. R. Kubelik; K. J. Livak; J. A. Rafalski and S. V. Tingy (1990). DNA Polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acids Research 18: 6531 - 6535.

- Wolf, O.; W. D. Jeschke and W. Hartung (1990). Long distant transport of abscisic acid in NaCl - treated intact plants of *Lupinus albus*. J. Exp. Bot. 41: 593 - 600.

- Wu - Shutu; C. Yu; B. Kuo; F. Thseng; S. Wu; C. Yu; B. Kuo and F. Thseng (2000). Diallel analysis of cadmium tolerance in seedling rice. SABRAO J. of Breed. and Genet. 32 (2): 57 - 61.

- Xu, R.; S. QiXin and Z. ShuZhen (1996). Chromosomal location of genes for heat tolerance as measured by membrane thermostability of common wheat cv. Hope. Hereditas (Beijing) 18 (4): 1 - 3.

- Yadav, R. C. and O. Prakash (2003). Augmentation of research on plant productivity under variable climatic condition by using rainout shelter. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol. Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, p. 160.

- Yadav, R. S.; Gayadin and A. K. Jaiswal (2001). Morphophysiological changes and variable yield of wheat genotypes under moisture stress conditions. Indian J. Plant Physiol. 6 (4): 390 - 394.

- Yadav, S. S.; J. Kumar and N. C. Turner (2002). Breeding for resistance to moisture stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.). 12th Australasian Plant Breed. Conf., Perth, Western Australia, 15 - 20th September, p. 135.

- Yadav, S. K.; N. J. Lakshmi; M. Maheswari; M. Vanja and B. Venkateswarlu (2003). Influence of water deficits at anthesis and grain filling stages on water relations, osmotic adjustment and grain yield in sorghum. Abstr.: 2nd International Cong. of Plant Physiol. Jan., 8 - 12, 2003, New Delhi, India, P. 222.

- Yang, J; R. G. Sears; B. S. Gill and G. M. Paulsen (2002a). Genotypic differences in utilization of assimilate sources during maturation of wheat under chronic heat and heat shock stresses. Euphytica 125: 179 - 188.

- Yang, J; R. G. Sears; B. S. Gill and G. M. Paulsen (2002b). Quantitative and molecular characterization of heat tolerance in hexaploid wheat. Euphytica 126: 275 - 282.

- Yang YoungYell; J. Jung; W. Song; H. Suh and Y. Lee (2000). Identification of rice varieties with high tolerance or sensitivity to lead and characterization on the mechanism of tolerance. Plant Physiology 124 (3): 1019 - 1026.

- Yogameenakshi, P.; N. Nadarajan and A. Sheeba (2003). Evaluation of varieties and land races for drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). Indian J. Genet. 63 (4): 299 - 303.

Yoshida, S. and S. Hasegawa (1982). The rice root system: its development and function. In: Drought Resistance in Crops with Emphasis on Rice. IRRI, Los Banos, Bhilippines: pp. 97 - 114.

- Yoshida, S.; D. A. Forno; J. H. Cock and K. A. Gomez (1976). Laboratory manual for physiological studies of rice (3rd ed.). International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.

- Zaghloul, A. M. and Soad, M. El - Ashry (2003). Zinc for remediation of cadmium contaminated soils. Egypt. J. Appl. Sci. 18 (11): 398 - 407.

دار الكتب والوثائق القومية

بطاقة فهرسة

فهرسة أثناء النشر إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية

إدارة الشئون الفنية

عواد، حسن عودة .

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الإجهاد البيئي / حسن عودة عواد . -

ط ١ . - الإسكندرية : المكتبة المصرية للطباعة والنشر والتوزيع، ٢٠٠٧ .

مج ١ ؛ ٢٤ سم .

المحتويات: الجفاف - الحرارة العالية - التلوث البيئي

تدمك ٠ ٣٤٧ ٤١١ ٩٧٧

١ - المحاصيل الزراعية ٦٣٣

أ - العنوان

وراثة و تربية المحاصيل ١
لتحمل الإجهاد البيئي

الجفاف - الحرارة العالية - التلوث البيئي



أ.د/ حسن عوده عواد
أستاذ المحاصيل و تربية النبات
كلية الزراعة - جامعة الزقازيق

المكتبة المصرية
٢ش أحمد ذو الفقار - لوران الإسكندرية
تليفاكس: ٥٨٤٠٣٩٨١-٠٣/٠٠٢
محمول: ٠١٢/٤٩٨٦٠٤٩٠